

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DEL HONGO COMESTIBLE
Pleurotus ostreatus SOBRE UN RESIDUO AGROINDUSTRIAL DEL
DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA Y RESIDUOS DE PODA DE LA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE.**

CARLOS ALBERTO SÁNCHEZ VÉLEZ

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y LOS
RECURSOS NATURALES
SANTIAGO DE CALI
2013**

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DEL HONGO COMESTIBLE
Pleurotus ostreatus SOBRE UN RESIDUO AGROINDUSTRIAL DEL
DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA Y RESIDUOS DE PODA DE LA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE.**

CARLOS ALBERTO SÁNCHEZ VÉLEZ

**Proyecto de Grado para optar al título de
Administrador del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales**

**Director
JULIO CÉSAR MOLINA BASTIDAS
Docente Investigador**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y LOS
RECURSOS NATURALES
SANTIAGO DE CALI
2013**

Nota de aceptación

**Aprobado por el Comité de
Grado en cumplimiento de los
requisitos exigidos por la
Universidad Autónoma de
Occidente para optar al título
de Administradora Ambiental**

JULIO CESAR WILCHES

Jurado

JORGE OREJUELA

Jurado

Santiago de Cali, 24 de Julio de 2013

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a mis padres, Carlos y Ayda Luz, a mi hermana Beatriz y a mi Abuela Nancy, que me brindaron apoyo durante el proceso.

A mi director Julio César Molina por su confianza, acompañamiento y apoyo incondicional.

A los profesores Marisol Gordillo y Julio Cesar Wilches por sus valiosos aportes que enriquecieron mi trabajo.

Agradecimiento especial a Elías Balanta, Dolly Johana Cadena, Bryan Stowe, José María Puertas, Sofía Cajiao y María Camila Buitrago por su valiosa colaboración durante la elaboración del proyecto.

A los miembros del Programa de Administración Ambiental por su acompañamiento en mi proceso formativo.

CONTENIDO

RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN	14
1.PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
2.JUSTIFICACIÓN	18
3.OBJETIVOS.....	20
3.1. Objetivo General.....	20
3.2. Objetivos Específicos	20
4.1. MARCO CONCEPTUAL	21
4.2. MARCO LEGAL.....	25
4.3. MARCO TEÓRICO.....	26
4.3.1. Zonas de estudio.....	26
4.3.2 Generalidades de los Hongos.	30
4.3.3. Generalidades del <i>Pleurotus ostreatus</i>	36
4.3.4. Generalidades de Sustratos	51
5. METODOLOGÍA	59
5.1 PASOS METODOLÓGICOS DEL CULTIVO DE <i>Pleurotus ostreatus</i> ...	59
5.2 HIPÓTESIS	60
5.3 ENFOQUE METODOLÓGICO.....	60
5.3.1. Etapa 1: Relación Carbono/Nitrógeno.	61
5.3.2. Etapa 2: Formulaciones de los sustratos.....	61
5.3.2.2. Aumento del material biológico	62
5.5. SIEMBRA, EMPACADO Y ALMACENAMIENTO DE LAS BOLSAS	66
5.6. COSECHA Y TOMA DE DATOS SOBRE CUERPOS FRUCTÍFEROS ..	71
5.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	71
5.7.1. Diseño del experimento: Definición de Factores, niveles y tratamientos.	71
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	75
6.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y ESTADÍSTICO DE RESULTADOS	75
6.1.1. Contenidos de Carbono y Nitrógeno de los residuos seleccionados.	75
6.1.2. Realización y Evaluación de las etapas de cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> en diferentes desechos agrícolas.....	76

6.1.3. Análisis de la Eficiencia Biológica y la Tasa de Productividad del <i>Pleurotus ostreatus</i> para la identificación de la formulación óptima.....	76
7. CONCLUSIONES	82
8. RECOMENDACIONES	83
BIBLIOGRAFÍA	84
ANEXOS	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la Universidad Autónoma de Occidente – Comuna 22-Cali.....	27
Figura 2. Gráfico de Precipitación total – periodo 1965-2009. Estación UNIVALLE	28
Figura 3. Mapa de localización del área de estudio	30
Figura 4. Estructura del hongo	31
Figura 5. Actividades de los hongos relacionadas con los intereses del hombre	34
Figura 6. Foto del Cuerpo fructífero de <i>Pleurotus ostreatus</i>	39
Figura 7. Ciclo de crecimiento del <i>Pleurotus ostreatus</i>	40
Figura 8. Gráfica de Efectos de diferentes temperaturas en el crecimiento micelial de diferentes especies del género <i>Pleurotus</i>	41
Figura 9. Foto de Efectos de la temperatura en el color de los cuerpos fructíferos de <i>Pleurotus ostreatus</i>	42
Figura 10. Foto de Efecto de las concentraciones de CO ₂ sobre la forma de los cuerpos fructíferos del <i>Pleurotus ostreatus</i>	43
Figura 11. Gráfica sobre comparación del valor nutricional (en %) del <i>Pleurotus ostreatus</i> con otros alimentos.....	44
Figura 12. Foto de diferentes métodos de cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	47
Figura 13. Gráfica sobre eficiencias biológicas de los tratamientos con paja de trigo, aserrín y residuos de poda.....	49
Figura 14. Foto sobre hongos contaminantes en el cultivo de hongos. 1. <i>Aspergillus spp</i> – 2. <i>Trichoderma spp</i> – 3. <i>Penicillium spp</i> – 4. <i>Neurospora spp</i>	50
Figura 15. Partes del fruto del Coco	51
Figura 16. Foto de la Palma del Viajero - <i>Ravenala madagascariensis</i>	53
Figura 17. Foto de la Palma livistonia– <i>Livistona chinensis</i>	54
Figura 18. Foto del <i>Bambú spp</i>	55

Figura 19. Planta de sorgo y sus partes.....	57
Figura 20. Planteamiento Metodológico.....	60
Figura 21. Foto sobre limpieza y esterilización de implementos y laboratorio	63
Figura 22. Foto sobre Preparación del medio de cultivo PDA en el laboratorio de micropropagación.....	63
Figura 23. Foto del vertimiento del PDA en cajas petri y tubos de ensayo.....	64
Figura 24. Foto de la Inoculación del medio de cultivo	65
Figura 25. Foto de la Inoculación del sorgo y preparación del “Blanco del hongo”	66
Figura 26. Foto del Remojo de los sustratos	66
Figura 27. Foto de la Observación del pH de las muestras de aguas residuales después del remojo y después de la pasteurización de los sustratos.....	67
Figura 28. Foto del analizador de Humedad – Precisa.....	68
Figura 29. Foto sobre la Pasteurización y ensacado de los sustratos.....	69
Figura 30. Foto de la Perforación a las bolsas con aza de platino	69
Figura 31. Foto del Invernadero o almacén de fructificación	70
Figura 32. Gráfica de los Contenidos de Carbono y Nitrógeno de los Sustrato %(m/m)	76
Figura 33. Gráfica de Porcentaje de Eficiencia Biológicas en las Formulaciones	77
Figura 34. Gráfica 7. Peso promedio de los Frutos de cada Formulación	78
Figura 35. Gráfica sobre Tasa de Productividad asociado a las formulaciones	79
Figura 36. Efectos principales de la eficiencia biológica y tasa de productividad.....	80

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción taxonómica del <i>Pleurotus ostreatus</i>.....	37
Cuadro 2. Distribución mundial del genero <i>Pleurotus</i>.....	39
Cuadro 3. Aplicaciones biotecnológicas de <i>Pleurotus</i>.....	46
Cuadro 4. Tratamientos de cultivo <i>Pleurotus ostreatus</i> (sin especificar)	48

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones óptimas para el crecimiento de diferentes especies de <i>Pleurotus ostreatus</i>.....	43
Tabla 2. Contenido vitamínico y mineral encontrado en <i>Pleurotus ostreatus</i>	45
Tabla 3. Producción nacional de Sorgo	58
Tabla 4. Producción mundial de Sorgo	58
Tabla 5. Formulaciones de los sustratos	61
Tabla 6. Análisis de humedad en sustratos	67
Tabla 7. Factores, niveles y tratamientos	71
Tabla 8. Aleatorización de los tratamientos	72
Tabla 9. Análisis de Varianza para a) eficiencia biológica y b) tasa de productividad.....	79
Tabla 10. Pruebas post anova de tukey.....	80

ANEXOS

ANEXO A. Resultados de Análisis de los contenidos de Carbono y Nitrógeno de los sustratos establecidos.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo consiste en determinar la fórmula óptima para el cultivo del *Pleurotus ostreatus*, bajo condiciones controladas, usando como sustratos tres residuos de poda de la Universidad Autónoma de Occidente, los cuales son hoja de Bambú spp., hoja de Palma del Viajero (*Ravenala madagascariensis*), hoja de Palma Livistona (*Livistona chinensis*) y un residuo agroindustrial del valle del Cauca el cual fue Estopa de Coco (*Cocos nucifera*).

Para el análisis de resultados del proyecto, se ajustó un Diseño Completamente al Azar de efectos fijos y desbalanceado de cuatro formulaciones, la formulación 1 estaba conformada por Estopa de coco 400 g + palma del viajero (250 g) + palma Livistona (350 g), la formulación 2 fue, Estopa de coco (500 g) + Palma del Viajero (220 g) + Palma Livistona (280 g), la tercera formulación, Estopa de coco (320 g) + Palma del Viajero (450 g) + Hoja de Bambú (230 g), y por último la formulación 4 fue, Palma del viajero (700 g) + Palma Livistona (250 g) + Hoja de Bambú (50 g).

Las variables de estudio para determinar la formulación óptima fueron: la Eficiencia Biológica y la Tasa de Productividad, en las cuales se tiene en cuenta los pesos de los hongos frescos cosechados, el peso de los sustratos secos en donde se sembraron y los tiempos de reproducción. Los resultados se analizaron estadísticamente para determinar el tratamiento óptimo asociado a los residuos escogidos, para lo cual se aplicó un análisis de varianza de un solo factor (ANOVA) a fin de comparar si los valores obtenidos en cada tratamiento eran significativamente distintos entre ellos. Dado que se hallaron diferencias significativas entre los tratamientos, fue necesario definir en cuáles de las formulaciones hubo dichas diferencias, realizando para esto una prueba post-ANOVA de Tukey con un nivel de significancia del 95%.

Se encontró que la formulación 1 y 4 son estadísticamente iguales en su efecto sobre la Eficiencia Biológica y Tasa de Productividad. Por otro lado, la formulación 3 presenta la mayor Eficiencia Biológica y mejor Tasa de Productividad, con valores de 11,9 y 17% respectivamente, mientras que el peor tratamiento fue la formulación 2, con valores de Eficiencia Biológica y Tasa de Productividad de 3 y 4.2%.

Palabras Claves: Cepa, Eficiencia Biológica, Tasa de productividad, sustrato, *Pleurotus ostreatus*, Residuos lignocelulósicos.

ABSTRACT

*The objective of this Project was to determinate the optimal formula growing of *Pleurotus ostreatus* fungus, under controlled conditions, using three Autónoma de Occidente university's garden waste as a substrate, these substrates were Bamboo spp leaf, traveler palm leaf (*Ravenala madagascariensis*), *Livistona* palm leaf (*Livistona chinensis*) and one agricultural waste from the department of Valle del Cauca, which was coconut fiber (*Cocos nucifera*).*

*For the analysis of the results, a completely randomized and unbalanced fixed effect design of four different formulas was adjusted. The formula number 1, was composed by 400 g of coconut fiber + 250 g of travelers palm leaf + 350 g of *Livistona* palm leaf, the formula number 2 by 500 g of coconut fiber + 220 g of Traveler palm + 280 g of *Livistona* palm, the formula number 3 by 320 g of coconut fiber + 450 g of traveler palm + 230 g of Bamboo leaf, finally the formula number 4 was constituted by 700 g of traveler palm + 250 g of *Livistona* palm leaf + 50 g of Bamboo leaf.*

To determinate the optimal formula, two variables were analyzed, the Biological Efficiency and Rate of productivity; these ones measured the harvested fresh mushrooms weights, the substrates weights before the process and the times of production. The results were analyzed statistically to determinate the optimal formula. To achieve this an analysis of variance of a single factor (ANOVA) was used to compare any significantly differences between the dates of all the formulas results. Evidencing significantly differences on the formulas results, it was necessary to defined which ones had the differences, to get this a post-anova Tukey test was used whit a 95% significance level.

With the results, was found that the formula number 1 and 4, are statistically equals on Biological Efficiency and Rate of productivity. On the other hand, the number 3 formula, presented the highest values of Biological Efficiency and Rate of productivity with 11,9 and 17% respectively, meanwhile the formula number 2 showed the lowest values of Biological Efficiency and Rate of productivity with 3 and 4,2% respectively.

Key words: *Strain, Biological Efficiency, Rate of productivity, Substrate, Edible mushroom, Lignocellulosic residues.*

INTRODUCCIÓN

Debido a las actividades antrópicas, se ha evidenciado un marcado deterioro sobre el medio ambiente a nivel mundial, esto es más evidente en los grandes centros urbanos donde se ven impactos negativos sobre los recursos tierra, agua y aire, afectando la vida de la fauna, flora y del mismo humano.

Una de las grandes problemáticas a las que se enfrenta la humanidad es el manejo, transformación, reducción, disposición y/o reutilización de los residuos generados por las actividades sociales o económicas actuales, una gran parte de estos son los residuos orgánicos, como los derivados de la poda de jardines o de las actividades agroindustriales, caso que se presenta en el municipio de Santiago de Cali, que para el año 2008 generó entre 30 y 55 mil toneladas de residuos sólidos orgánicos, esto debido a su población, su comercio, sus zonas verdes y sus suelos fértiles y propicios para el cultivo¹.

Como una alternativa viable, tanto técnica como económica, al manejo de algunos de estos residuos se tiene el cultivo de hongos tanto comestibles como medicinales. El hongo comestible *Pleurotus ostreatus* posee la capacidad de crecer sobre una amplia variedad de sustratos lignocelulósicos residuales y bajo un amplio rango de temperaturas y humedades, estas condiciones hacen que sea el hongo de más fácil cultivo con fines comerciales actualmente.²

Esta práctica no sólo es una forma viable de reducir los residuos orgánicos, que en su mayoría tiene un escaso o nulo valor económico para su integración en los sistemas productivos, si no que mediante su proceso se genera un producto final con altos valores proteicos y nutricionales, de cualidades morfológicas y organolépticas de alta calidad, que se puede emplear como fuente alimenticia o como un producto para la venta.³

¹ HERNÁNDEZ E, Humberto *et al.* ATLAS del potencial energético de la biomasa residual en Colombia [En línea]. Bogotá D.F. Ministerio de Minas y Energía. 2008. p. 109. Disponible en internet: http://vie.uis.edu.co/ATLAS/Generalidades_ATLAS.pdf

² GARZÓN, J y CUERVO, J. Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos lignocelulósicos de diferente procedencia. En: AGUINAGA, Paulina. Evaluación de cuatro sustratos para la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en tres ciclos de producción en la zona de Tambillo, Provincia de Pichincha. [En línea]. Tesis presentada como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria. 2012. p.1. Disponible en internet: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4663/1/CD-4295.pdf>

³ ARDON, Carlos. Evaluación del pericarpio de jacaranda (*Jacaranda mimosaeifolia*) y pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) para el cultivo artesanal del hongo ostra *Pleurotus ostreatus*. [En línea]. Tesis presentada como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Investigaciones Agronómicas. 2004. p. 12. Disponible en internet: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2138.pdf

Para la realización de este proyecto se escogió un residuo agroindustrial del Valle del Cauca y tres residuos de poda del campus de la Universidad Autónoma de Occidente de Cali, por medio de los cuales se generaron formulaciones, con el fin de identificar cuál es la óptima para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones controladas estipuladas en la literatura. La parte *in vitro* del proyecto se llevó a cabo en el laboratorio de Micropropagación de la Universidad Autónoma de Occidente, mientras que el cultivo, el almacenamiento de bolsas y la cosecha, se realizó en un predio privado en el corregimiento de Pance en el Municipio de Cali.

1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La mayoría de los procesos productivos generan residuos de diferente tipo, cuantía y calidad, la ausencia de métodos adecuados de disposición o reutilización generan en muchas ocasiones impactos negativos al medio ambiente. En el caso de la agroindustria o la simple poda de jardines, la mayoría de sus residuos son de carácter orgánico, lo que posibilita su integración a procesos productivos mediante técnicas adecuadas de aprovechamiento. Entre las alternativas de aprovechamiento o uso de este tipo de residuos está la producción y siembra de hongos comestibles, es bajo este planteamiento que se ha suscitado el interés de este proyecto, el cual buscó generar una producción de *Pleurotus ostreatus* sobre sustratos no convencionales, como lo son los de poda, dado que la mayoría de los documentos sobre producción del hongo *Pleurotus* evidencian el uso de sustratos derivados de la agroindustria y sobre los cuales se tiene amplio conocimiento y una alta tasa de aprovechamiento, no siendo el caso para los residuos de poda.

En cuanto a la producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos de poda, sólo se encontró una experiencia de su cultivo sobre pasto común⁴, de la cual se obtuvieron resultados positivos significativos. En vista de la evidente falta de investigaciones y de aprovechamiento de los residuos de poda en este campo, se planteó el presente proyecto como búsqueda de una alternativa técnicamente viable al evaluar la producción del hongo.

En el mapa denominado “Cantidad Municipal Anual del Sector de los Residuos Orgánicos Urbanos Poda”⁵ se evidencia que la generación de residuos de poda en el municipio de Santiago de Cali varió entre 4 y 6 mil toneladas en el año 2006-2008, esta cifra es solo superada por Medellín y Bogotá, los cuales generaron entre 6 y 9 mil toneladas y entre 12 y 16 mil toneladas respectivamente para el mismo periodo. Dichos residuos poseen características fisicoquímicas apropiadas para el cultivo de hongos Macromicetos, tanto comestibles como medicinales, por su alto contenido de lignina y celulosa.

El aprovechamiento de estos residuos de poda se ha proyectado hacia la generación de energía por medio de su capacidad calórica, la generación de Biodiesel,

⁴ ALCALÁ, Irma y DURÁN, Carmen. Biodegradación de residuos urbanos lignocelulósicos por *Pleurotus*. En: Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 2003. vol. 19, no. 001, p. 37-45.

⁵ HERNÁNDEZ E, Humberto *et al.* ATLAS del potencial energético de la biomasa residual en Colombia [En línea]. Bogotá D.F. Ministerio de Minas y Energía. 2008. p. 113. Disponible en internet: http://vie.uis.edu.co/ATLAS/Generalidades_ATLAS.pdf.

compostaje, vermicompostaje o simplemente el de su deshidratación⁶ para mejorar su disposición final. Dado los volúmenes producidos en estas actividades, junto a las características que se presentan en los residuos en su descomposición natural, se genera una problemática ambiental importante, en cuanto a su asimilación, por ejemplo causando eutrofización en los cuerpos de agua⁷.

Debido a lo anterior, la evaluación productiva del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en sustratos alternativos como lo son los residuos de poda de la Universidad Autónoma de Occidente y en general los residuos de poda urbanos, abre un campo de posibilidades en su producción para su inserción comercial por parte de actores interesados y un aporte a la utilización de los residuos de poda producidos y su consecuente disminución de los impactos ambientales generados.

⁶ PROGRAMA “Cali como Vamos”. Crónicas de Ciudad: Emsirva y la gestión de residuos sólidos en el 2009. CÁMARA DE COMERCIO DE CALI. Santiago de Cali. Diciembre del 2009.

⁷MEJIA M, Gonzalo A y GÓMEZ L, John S. Los desechos generados por la industria bananera en Colombia. CENIBANANO. [En línea]. Consultado el 20 de Octubre del 2012. Disponible en internet. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/xxix.pdf>

2. JUSTIFICACIÓN

Ampliar y mejorar las actividades encaminadas al aprovechamiento de residuos generados en la región, ya sean residenciales, de mercados, de poda o de campos productivos es una prioridad; no solo del gobierno y sus dependencias como los centros de investigación del Sistema Nacional Ambiental –SINA-, las Corporaciones Autónomas Regionales -CAR’S- o los Ministerios, sino también de toda la población, debido a que las problemáticas ambientales a causa de la descomposición de dichos residuos, disposición inadecuada o quema de estos, afectan la calidad de vida de todas las personas y de las demás especies con las que se comparte el territorio.

El uso y aprovechamiento que se puede dar a estos residuos es muy amplio, teniendo en cuenta que más del 50% de los residuos sólidos generados en el país son de carácter orgánico⁸, debido a sus características muchos de estos pueden ser aprovechados en el cultivo y producción de hongos comestibles y medicinales por sus contenidos lignocelulósicos, la cual es una “combinación de polisacáridos de la celulosa y lignina, contribuye a que se mantenga erguida la estructura de las paredes celulares de las plantas. Este compuesto dota a los tallos de rigidez y firmeza al entrelazar los tres componentes mencionados”⁹ y es lo que el hongo degrada por medio de enzimas para obtener nutrientes.

De esta manera, habría menos desperdicio de potencial materia prima, se entraría al mercado de hongos medicinales o comestibles y productos relacionados, se generaría un ahorro en combustibles usados para el transporte de los residuos, se disminuiría la contaminación a causa de la acumulación y descomposición de los mismos y además, se ampliaría la vida útil de los rellenos autorizados.

A través de esta gestión se pueden conocer los diferentes hongos, ya sean comestibles o medicinales, que pueden ser utilizados para cultivo, comercialización o investigación científica, algo en lo que el país y la región deben emprender con inmediatez. Al incrementar los conocimientos sobre estas especies se pueden ahondar en los beneficios, usos y servicios de los hongos.

Según la *International Society for Mushroom Science* de Inglaterra, en el mundo se consumen alrededor de 3 millones de toneladas de hongos de treinta especies diferentes cada año. El mercado se encuentra segmentado en dos partes, consumo de hongos cultivados (2 millones de toneladas) y el consumo de hongos silvestres (1

⁸ JARAMILLO H, Gladys y ZAPATA M, Liliana. Aprovechamiento de los residuos sólidos en Colombia. Monografía para optar el título de Especialistas en Gestión Ambiental. Medellín: Universidad de Antioquia, 2008. 23 p.

⁹ Construcción de criterios técnicos para el aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos con alta tasa de biodegradación, plásticos, vidrio, papel y cartón: Manual 3 orgánicos, papel y cartón [En línea] Bogotá D.C.: Ministerio del Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2008[consultado en septiembre de 2012]. Disponible en Internet: http://www.minambiente.gov.co/documentos/4077_170909_criterios_tec_residuos_org.pdf

millón de toneladas); estas cifras tenderán a elevarse en la medida en que crezca la preferencia por productos saludables y por vegetales ricos en proteínas¹⁰. Esto es una de las razones por la cual la implementación e investigación sobre el cultivo de *Pleurotus spp.*, debe de ser una prioridad tanto a nivel regional como nacional.

¹⁰ PERFIL DEL PRODUCTO. Setas y Hongos [En línea]. CCI Corporación Colombia Internacional. s.f. [Citado Marzo 2013]. p.1. ISSN 0124-1338

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la productividad del *Pleurotus ostreatus* sobre un residuo agroindustrial del Valle del Cauca y residuos de poda de tres plantas de la Universidad Autónoma de Occidente en Cali, Colombia.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los contenidos de Carbono y Nitrógeno de los sustratos establecidos en el proyecto.
- Realizar y evaluar las etapas de cultivo del *Pleurotus ostreatus* en un desecho agroindustrial y tres de poda.
- Analizar la Eficiencia Biológica y Tasa de Productividad del *Pleurotus ostreatus* cultivado para identificar la formulación óptima.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. MARCO CONCEPTUAL

El mercado de los hongos comestibles actualmente es amplio en cuanto ofertantes y demandantes a nivel mundial, esto por sus beneficios en la culinaria y en el campo medicinal, estas posturas provienen de culturas y civilizaciones antiguas importantes, los hongos se incluían en rituales o manifestaciones representativas, por ejemplo los griegos tenían fascinación por los hongos y los incluían en sus rituales religiosos. Por miles de años, los chinos y japoneses han valorado una variedad de especies de hongos por sus propiedades beneficiosas. En México, los aztecas utilizaban los hongos, tanto por sus propiedades curativas como divinas. Claramente, los hongos han jugado un rol significativo en el curso de las culturas a todo lo ancho del mundo (Stamets, 1993)¹¹.

El mercado de los hongos aplicado al arte culinario, es amplio, de mayor uso y reconocimiento gracias al uso de setas comestibles como el champiñón (*Agaricus bisporus*), Orellana, el *Pleurotus ostreatus*, *Volvariella*, entre otros. Esto actualmente obedece a una tendencia mundial en la cual está primando alimentos naturales, libres de preservativos o residuos de plaguicidas. Colombia no se aleja de esta tendencia mundial donde lo natural empieza a primar sobre lo procesado, este comportamiento en los consumidores impacta el consumo de alimentos y demás productos naturales que tengan como objeto final la mejora de la salud.¹²

Este es un mercado creciente, el cual puede ser aprovechado gracias a las cualidades y beneficios en campos como nutrición o cocina especializada. Según Royce (2002), la producción de *Pleurotus spp.* En Latinoamérica fue liderada por México con 1852 toneladas procesadas/año, en comparación, las procesadas por Colombia están cerca de las 9 toneladas/año¹³, según Rodríguez y Jaramillo (2005) “mediante el cultivo de hongos se realiza la bioconversión de materiales agrícolas y de poda en alimentos y medicinas, solucionando parcialmente tres problemas graves que afronta la humanidad, la escasez de alimento, las enfermedades y la contaminación ambiental”¹⁴. Los beneficios de una adentramiento en este mercado

¹¹ FLIGAS, Devóra y CURVETTO, Néstor. MONOGRAFÍA SOBRE LAS PROPIEDADES MEDICINALES DEL HONGO REISHI (*Ganoderma lucidum*)[En línea]. Buenos Aires: Universidad Nacional del Sur, p. 3. Disponible en Internet: <http://www.hongoscomestibles-latinoamerica.com/P/2%20ganoderma-s.pdf>

¹² OCHOA, Fernando. Anuario de la industria naturista: Colombia, un futuro prometedor en Biocomercio [Citado el 07/03/2013].p. 58. Disponible en línea: <http://www.asonatura.com/files/COLOMBIA%20Y%20EL%20BIOCOMERCIO.pdf>

¹³ RODRÍGUEZ, Gustavo. Cultivo de hongos comestibles. En: Fruticulturas y Diversificación. 2007, Vol. 4, no 53, p. 3

¹⁴ LÓPEZ A, Hernán. Proyecto setas de Colombia del SENA: Ética y transformación del entorno [En línea]. Bogotá D.C, Agosto del 2008 [Consultado el 9 de junio del 2013] . Disponible en internet: <http://setasdecolombiasena.blogspot.com/>

son muchos, que van desde lo financiero y socio-económico, ya que la investigación incipiente sobre los hongos a nivel Sur Americano y a nivel nacional son evidentes, somos un país con una economía en expansión, con apertura a nuevos mercados internacionales que pueden ser explotados, junto a esto contamos con ventajas comparativas frente a otros países no solo a nivel mundial, sino también de nuestro continente, esto en aspectos como biodiversidad, climas, materias primas disponibles para el uso en el cultivo exitoso de hongos. El inicio de empresas de este tipo acarrearía nuevos empleos tanto directos como indirectos.

Con el incremento y adentramiento de este mercado también se incursionaría en el aumento de estudios científicos sobre los beneficios del hongo a nivel nutricional y medicinal, se incrementarían también los estudios y las investigaciones en busca de una mayor eficiencia de la productividad del hongo, ampliación de materias primas y generación de productos finales con mayor valor agregado.

Detrás de este potencial mercado se podrían lograr beneficios ambientales y monetarios para la comunidad, este proyecto plantea generar una productividad del hongo usando materias primas resultantes de la poda de jardines y zonas verdes, junto con un residuo agroindustrial. Ciudades con gran afluencia de habitantes generan grandes cantidades de residuos orgánicos, los residuos de jardinería y de poda forman parte importante de los residuos sólidos municipales, provenientes de las áreas verdes, de parques y jardines que mantienen una arquitectura de paisaje basada en una jardinería de ambientación, contribuyendo también hogares e instituciones tanto públicas como privadas¹⁵.

Los estudios demuestran que los costos de servicio urbano en la región fluctúan entre US\$ 15 a US\$ 105 por tonelada, con un promedio de US\$ 291 por tonelada de basura recolectada, tratada y dispuesta adecuadamente. Estos costos desglosados corresponden al barrido, recolección, limpieza en vías principales, transferencia, tratamiento y disposición final¹⁶ para el año 2008.

En el municipio de Santiago de Cali, la generación de residuos de esta clase varía entre 4 y 6 mil T/año, esta es solo superada por Medellín y Bogotá, los cuales

¹⁵ PÉREZ, Miguel A y MARTÍNEZ, María R. Manejo alternativo de los residuos de jardinería. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas. [En línea]. s.f. Citado el 07/03/2013. Disponible en línea: http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/kuxulkab/ediciones/26/01_Manejo%20alternativo%20de%20los%20residuos%20de%20jardineria.pdf

¹⁶ Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico - CRA- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; ING. Geovanis Arrieta Bernate. Análisis de la producción de residuos sólidos de pequeños y grandes productores, determinación de factores de producción de residuos sólidos de los usuarios residenciales, revisión de la regulación vigente y cálculo de costos asociados a la realización de aforo de residuos sólidos en Colombia [En línea]. Enero del 2008. Citado el 07/03/2013. Disponible en línea: http://www.cra.gov.co/apc-aa-files/36666164373034386433323930303464/dimension_categorizacion_1.pdf

generan entre 6-9mil, y 12-16 mil T/año respectivamente¹⁷. Estos residuos contienen grandes cantidades de lignina y celulosa, con relaciones de Carbono y Nitrógeno adecuados para brindarle nutrientes al hongo para un crecimiento adecuado.

Estos proyectos generan una relación beneficiosa para todas las partes, además de la reducción de residuos, se genera un producto con características de calidad excelentes. El bajo contenido de grasa y sodio, unido al relativamente alto contenido de potasio, hacen que este hongo además de su buen sabor y valor nutritivo, tenga también importancia para padecimientos cardiovasculares y estados de hipertensión, así como para combatir la obesidad. En él están presente virtualmente todos los aminoácidos esenciales, constituyendo una rica fuente de vitaminas, se han reportado contenidos de ácido ascórbico (vitamina C), en diferentes etapas de su desarrollo, es rico en ergosterol y vitamina D, así como en minerales como: fósforo, sodio, magnesio, calcio, hierro, manganeso, zinc y cobre.¹⁸

Los beneficios que preceden el consumo del hongo, es apoyado por un cambio de tendencias mundial. En la actualidad, el mercado de los productos alimenticios, terapéuticos y farmacéuticos se encuentra en manos de grandes empresas transnacionales principalmente. El retorno a la naturaleza es uno de los principios que rige ahora a los consumidores del mundo, en esta época de transgénicos, perforación de la capa de ozono, vacas locas, deforestación, cuestiones sobre seguridad alimentaria, alimentos procesados con conservantes con efectos secundarios a largo y mediano plazo, medicamentos sintéticos, etc., se valoran más los productos naturales, los cultivos orgánicos, los productos con sellos y “ecoetiquetados” que aseguran procesos de producción acorde a buenas prácticas medioambientales. Como consecuencia de esto y de la difusión en el ámbito mundial de lo que se denomina el “consumo verde”, se están siguiendo nuevos patrones de consumo y hábitos de vida en el mundo. Colombia no es una excepción, por lo que las plantas medicinales y los productos naturales se han convertido en este país en elementos básicos para nuestra buena salud. (Ochoa, 2012)¹⁹.

El cultivo y beneficio del hongo es un proceso simple, sin aditivos químicos y con impactos negativos al medio ambiente casi nulos, y después de obtener la productividad, el material residual (sustratos), pueden ser usados como forraje o enriquecedor de suelos.

El mercado de los hongos comestibles actualmente es amplio en cuanto ofertantes y demandantes a nivel mundial, esto por sus beneficios en la culinaria y en el campo

¹⁷ ATLAS del potencial energético de la biomasa residual en Colombia. Op. cit. 113. 2008.

¹⁸ ROMERO, Aida; RODRÍGUEZ, Alina y PÉREZ, Maria. *Pleurotus ostreatus*: Importancia y tecnología del cultivo. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”. p. 3

¹⁹ MARTÍNEZ, David y VILLANUEVA, Fabián y URREA M, Ferlein. Informe final de investigación: Creación de empresa “REISHI S.A.S”. Informe final para optar por la especialización en administración financiera. Bogotá: Universidad EAN, 2012. p. 3

medicinal. Claramente, los hongos han jugado un rol significativo en el curso de las culturas a todo lo ancho del mundo (Stamets, 1993)²⁰.

A pesar de que el mercado de los hongos aplicado al arte culinario, es más amplio, de mayor uso y de mayor reconocimiento gracias al uso de setas comestibles como el champiñón (*Agaricus bisporus*), Orellana, el *Pleurotus*, *Volvariella*, entre otros, el otro mercado en el cual participan los hongos medicinales, está en crecimiento y en auge gracias a tendencias mundiales, según la Asociación Nacional de Naturistas (ASONATURA), este mercado mueve al año aproximadamente 600 mil millones de pesos. En cuanto a la evolución del mercado en los últimos años, las diferentes empresas del sector coinciden en afirmar que el sector de productos naturales ha experimentado un crecimiento espectacular (aproximadamente un crecimiento anual superior al 50% los últimos 3 años) que obedece sobre todo a una tendencia mundial. Colombia no se aleja de esta tendencia mundial donde lo natural prima sobre lo químico, y no sólo en lo que a medicamentos se refiere, sino también en relación a todo tipo de alimentos y demás productos naturales que tengan como objeto final la mejora de la salud.²¹

Este es un mercado reciente y creciente, el cual puede ser aprovechado gracias a las cualidades y beneficios a la salud del *Pleurotus ostreatus*. Estos residuos contienen grandes cantidades de lignina y celulosa, con relaciones de Carbono y Nitrógeno adecuados para brindarle nutrientes al hongo para un crecimiento adecuado.

Estos beneficios que preceden el consumo del hongo, es apoyado por un cambio de tendencias mundial. En la actualidad, el mercado de los productos terapéuticos y farmacéuticos se encuentra en manos de grandes empresas transnacionales principalmente, siguiendo el esquema de “Los medicamentos buenos” son aquellos que son de marca de un laboratorio específico y cuya producción masiva implica la adquisición de derechos de propiedad industrial e intelectual de un costo muy alto para los productores genéricos; de esta manera los medicamentos asequibles (genéricos) que actualmente se encuentran el mercado atienden a la visión de la población de ser medicamentos para atender los síntomas y no las causas de las enfermedades (Alopatía).(AIS-LAC, 2001)²², El retorno a la naturaleza es uno de los principios que rige ahora a los consumidores del mundo, en esta época de transgénicos, perforación de la capa de ozono, compuestos clorofluorcarbonados,

²⁰ MONOGRAFÍA SOBRE LAS PROPIEDADES MEDICINALES DEL HONGO REISHI (*Ganoderma lucidum*).Op Cit. p. 3. Disponible en Internet: <http://www.hongoscomestibles-latinoamerica.com/P/2%20ganoderma-s.pdf>

²¹ OCHOA, Fernando. Anuario de la industria naturista: Colombia, un futuro prometedor en Biocomercio [Citado el 07/03/2013].p. 58. Disponible en línea: <http://www.asonatura.com/files/COLOMBIA%20Y%20EL%20BIOCOMERCIO.pdf>

²² MARTÍNEZ, David y VILLANUEVA, Fabián y URREA M, Ferlein. Informe final de investigación: Creación de empresa “REISHI S.A.S”. Informe final para optar por la especialización en administración financiera. Bogotá: Universidad EAN, 2012. p. 3

vacas locas, altas tasas de deforestación, cuestiones sobre nuestra seguridad alimentaria, alimentos procesados con grandes cantidades de conservantes con efectos secundarios a largo y mediano plazo, medicamentos sintéticos, etc., se valoran más los productos naturales, los cultivos orgánicos, los productos con sellos y “ecoetiquetados” que aseguran procesos de producción acorde a buenas prácticas medioambientales. Como consecuencia de esto y de la difusión en el ámbito mundial de lo que se denomina el “consumo verde”, se están siguiendo nuevos patrones de consumo y hábitos de vida en el mundo. Colombia no es una excepción, por lo que las plantas medicinales y los productos naturales se han convertido en este país en elementos básicos para nuestra buena salud. (Ochoa, 2012)²³.

El cultivo y beneficio del hongo es un proceso simple, sin aditivos químicos y con impactos negativos al medio ambiente casi nulos, y después de obtener la productividad, el material residual (sustratos), pueden ser usados como forraje o enriquecedor de suelos.

4.2. MARCO LEGAL

Aunque el marco legal referente a la protección del medio ambiente y los recursos naturales son amplios y bastos, se mencionaran los más significativos en cuanto la protección del ambiente por medio de proyectos de ley o normas y estatutos.

Se comienza por la implementación y creación del Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente (Decreto 2881 del 1974), por medio del cual se reglamentó el cuidado de las actividades antrópicas y sus repercusiones o impactos sobre el medio, este fue regido por las Corporaciones Autónomas Regionales y el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables (INDERENA).

Con la Constitución política de 1991 se elevó a norma constitucional la consideración, manejo y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente²⁴, a través de principios fundamentales afines con al aprovechamiento y buena disposición de residuos orgánicos de cualquier procedencia, por ejemplo el Art 79 del mismo habla sobre el derecho de todos los ciudadanos de gozar de un ambiente sano, junto a estos el artículo 80, que se refiere al manejo, planificación y aprovechamiento de los recursos naturales, el artículo 334 y 339, que hablan de la

²³ OCHOA, Fernando. Op.it., p.17. Disponible en línea: <http://www.asonatura.com/files/COLOMBIA%20Y%20EL%20BIOCOMERCIO.pdf>

²⁴ Normatividad Ambiental y Sanitaria. Normatividad General. Derecho a un ambiente sano [citado el 10/10/2012]. en línea: [\[http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/normativ/normativ.htm#BM1_NORM_ACTIVIDAD_GENERAL\]](http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/normativ/normativ.htm#BM1_NORM_ACTIVIDAD_GENERAL)

intervención del estado para la racionalización de la economía con fines de equidad y desarrollo armónico de la cultura y el medio ambiente y el desarrollo de estrategias orientados a que se dé un desempeño adecuado de las entidades territoriales en estrategias y orientaciones políticas, económicas, social y ambiental, respectivamente.²⁵

También en 1994 el gobierno de Colombia, ratifica su acuerdo del Convenio de Diversidad Biológica(CDB), por medio del cual busca establecer obras encaminadas a cuidar el patrimonio natural, reglamentar la investigación y conservar la calidad de los recursos naturales²⁶.

En normatividad sobre residuos sólidos y su manejo se tiene el documento CONPES 2750 de 1994 sobre Políticas de manejo de residuos sólidos, el Decreto 605 de 1996, que reglamenta la ley 142 de 1994 en cuanto manejo, transporte y disposición final de residuos sólidos.²⁷

Bajo todas estas normas, estatutos y leyes que rigen los ministerios, centros de investigación (IDEAM, INVEMAR, SINCHI, ALEXANDER VON HUMBOLDT, entre otros) CARS, etc. Se han generado gestiones específicas para garantizar el cumplimiento y debido proceso en cuanto a las actividades antrópicas impactantes en el medio ambiente, junto a esto se ha generado una educación ambiental a la comunidad para garantizar su cumplimiento en la población civil, la cual es parte fundamental de estos procesos de mejoramiento continuo. No se encontraron normas o leyes enfatizadas sobre consumo, producción o venta de hongos en Colombia.

4.3. MARCO TEÓRICO

4.3.1. Zonas de estudio. Debido a que el proyecto se elaboró en 2 partes diferentes se hace referencia a 2 zonas de estudio, las cuales varían sobre ubicación geográfica, condiciones ambientales entre otros.

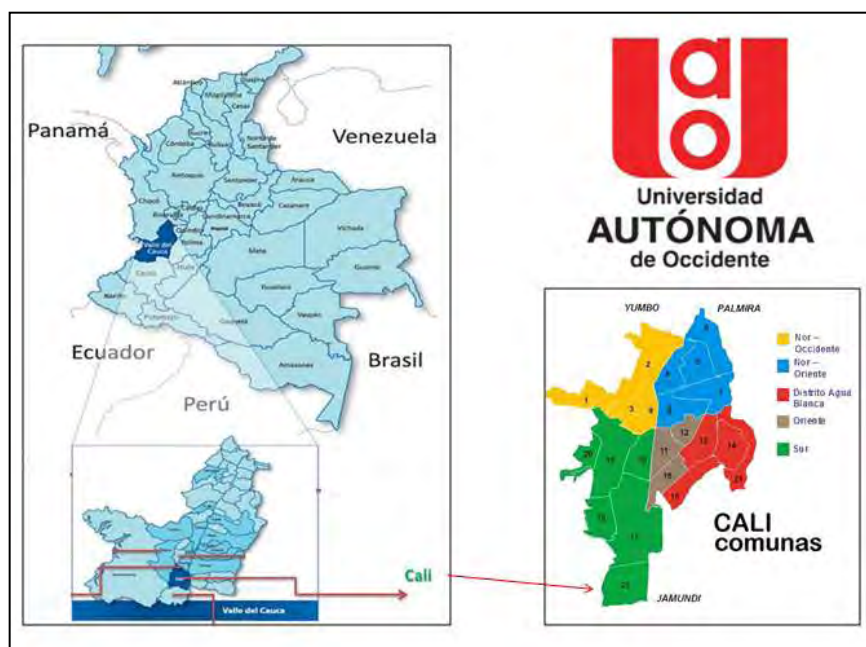
²⁵ ACEVEDO MUÑOS, María C y JIMÉNEZ LOAIZA, Martha I. Evaluación de diferentes sustratos agroindustriales como sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. Santiago de Cali, 2006 .p. 34. Trabajo de Grado para optar al título Administrador del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ciencias Básicas.

²⁶ RESTREPO CALLE, Sebastián. Conservación de la guacamaya Cariseca (*Ara severa castaneifrons*) en el Valle del Cauca. Santiago de Cali, 2004. P. 38. Trabajo de grado para optar al título de Administrador del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ciencias Básicas.

²⁷ Normatividad Ambiental y Sanitaria. Op. cit. Disponible en internet. [\[http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/normativ/normativ.htm#BM1_NORMATIVIDAD_GENERAL\]](http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/normativ/normativ.htm#BM1_NORMATIVIDAD_GENERAL)

4.3.1.1. Universidad Autónoma de Occidente. La Universidad Autónoma de Occidente se encuentra ubicada en la comuna 22, en el extremo sur de la ciudad de Cali. Esta zona tiene características que dependen de su ubicación en el piedemonte de la vertiente oriental de la cordillera occidental que se conecta a través de los ríos, algunos corredores y parches dispersos de vegetación, con áreas mejor conservadas hacia pisos más altos como el paisaje de Ladera, la zona de Amortiguación del PNN Farallones de Cali, la Zona de Reserva Forestal Municipal y a través de ella con el Parque mismo y hacia la zona plana con la Zona de Protección Ambiental del río Cauca que alberga algunos reductos de humedales tales como Marañón y El Estero pertenecientes al sistema de Cauca Seco. Esta ubicación estratégica influye decisivamente en el enriquecimiento de especies de la Flora y la Fauna de la comuna²⁸.

Figura 1. Ubicación de la Universidad Autónoma de Occidente – Comuna 22- Cali



Fuente: Departamento de Comunicaciones de la Conferencia Episcopal de Colombia. UBICACIÓN: Valle del Cauca. [En línea]. ARQUIDIÓCESIS DE CALI, s.f. [Citado Abril del 2013]. Disponible en línea: http://www.arquidiocesiscali.org/nuestra_region.shtml?apc=i---;---;---&s=m ;MEGAOBRAX.TK. La Cartografía: Entre ciencia, arte y manipulación. [En línea]. Redes Sociales para el Progreso. 2006 [Citado abril del 2013]. Disponible en línea: <http://megaobrax.host22.com/mapcali.htm>

Posee dos pisos térmicos en un rango comprendido entre los 960 msnm en la parte nororiental más baja hasta los 1100 msnm, en el borde centro-occidental ubicado en piedemonte de la Cordillera y exhibe 3 zonas de vida según el sistema de Holdridge: Bosque Seco Tropical (bs-T), Bosque Seco Premontano (bs-PM), Bosque Húmedo

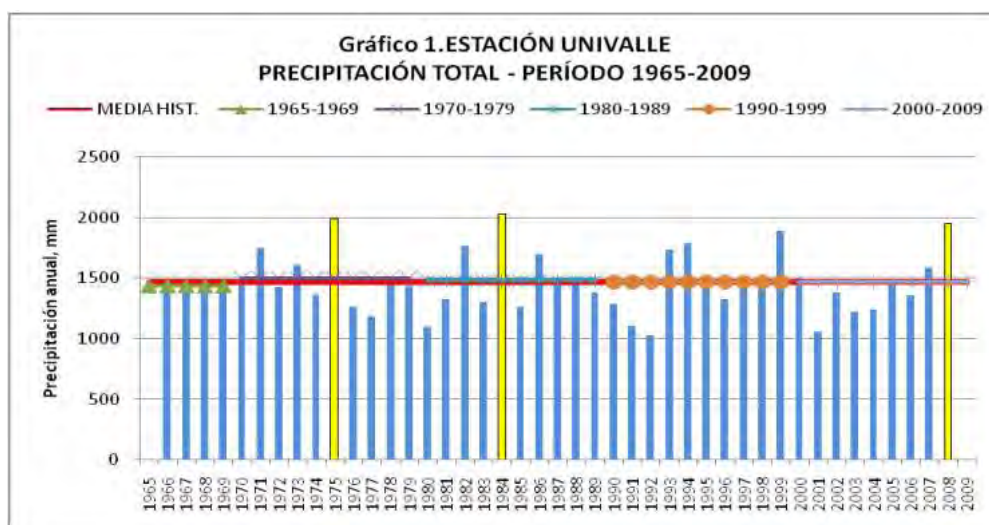
²⁸ CONTRERAS, Rafael *et al.* Caracterización de las áreas de conservación y protección ambiental en la comuna 22 B.P. 42323. [En línea]. DAGMA – Universidad ICESI, 2010.[Citado Abril del 2013]. Disponible en internet: http://claudia1.bligoo.com.co/media/users/15/753949/files/122261/INFORME_FINAL_CARACTERIZACION_AREAS_DE_PROTECCION.pdf

Premontano (bh-PM), esta última ocupando casi el 80 % del territorio comunal. El área total de la comuna es de 1.058,91 hectáreas que corresponden al 1,88% del total del municipio y el 7% de su área urbana. En los terrenos de la comuna se presenta una intensa actividad constructora y está rodeada por un área suburbana de rápida expansión.²⁹

Según su caracterización esta es una zona de Expansión de la Ciudad de Cali, es el área de futuro desarrollo urbanístico del municipio de los próximos años denominada Corredor Cali – Jamundí. Está localizado al sur de la ciudad, en el valle geográfico del río Cauca en un área de 1.669 ha (DAPM 2000). Esta área está asentada en suelos de dureza media, presenta un bajo potencial de licuación y ampliación de la onda sísmica³⁰.

El registro histórico anual se presentó en el año 1984 con 2031 mm, correspondiente a 39% por encima de la media histórica. Le sigue el registro de 1975 con 1991 mm (36% superior a la media) y el tercer valor más alto, se presentó en el año 2008 con 1945mm (33% más que la media). Los menores registros se dieron en los años 1992 (1023 mm), 2001 (1055mm) y 1980(1098mm).³¹

Figura 2. Gráfico de Precipitación total – periodo 1965-2009. Estación UNIVALLE



Fuente: DUQUE, Ramón. Diagnóstico del impacto de las escorrentías naturales y artificiales en la comuna 22 de Santiago de Cali [En línea]. Santiago de Cali: DAGMA, 2010 [Consultado Enero del 2013]. p. 14 Disponible en Internet:

http://claudia1.bligoo.com.co/media/users/15/753949/files/122261/INFORME_FINAL_ESCORRENTIAS.pdf

²⁹ Ibid., p. 14 -15

³⁰ ZAMBRANO, Diana. Minimización y Prevención como estrategias para el control de la contaminación por aguas residuales municipales en la zona de expansión de Cali. Trabajo de investigación para optar al título de Magister en Ingeniería: área de énfasis en Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Santiago de Cali: Universidad del Valle, 2010. 14 p.

³¹ DUQUE, Ramón. DIAGNOSTICO DEL IMPACTO DE LAS ESCORRENTÍAS NATURALES Y ARTIFICIALES EN LA COMUNA 22 DE SANTIAGO DE SANTIAGO DE CALI [En línea]. Santiago de Cali: DAGMA, 2010 [Consultado Enero del 2013]. p. 14 Disponible en Internet: http://claudia1.bligoo.com.co/media/users/15/753949/files/122261/INFORME_FINAL_ESCORRENTIA_S.pdf

4.3.1.2. Corregimiento de Pance. El Corregimiento de Pance se encuentra al sur del municipio de Santiago de Cali. Se extiende en sentido Oriente-Occidente, desde el valle geográfico del río Cauca hasta el parque nacional Los Farallones. Tiene un área aproximada de 10.509 hectáreas, de la cual una parte está comprendida en el perímetro suburbano o área de expansión de la ciudad de Cali. Limita al norte con los Corregimientos de Los Andes, Villa Carmelo y La Buitrera y el casco urbano de Cali (Comuna 17); al oriente con el Corregimiento de El Hormiguero; al sur con el municipio de Jamundí; al occidente con el municipio de Buenaventura³².

La topografía presente en el corregimiento es variada, en la parte alta es escarpada con pendientes mayores al 60% y la vegetación de bosque natural es abundante³³. En la zona media predominan los terrenos con pendientes que varían entre el 25 y el 50% con grandes áreas en bosques naturales. La parte baja o de piedemonte es ondulada con pendientes entre el 5 y el 25% y bosque a orillas del río³⁴.

El Corregimiento se extiende solamente en la cuenca del río Pance, este nace por encima de los 3.800 m.s.n.m. en el parque Farallones de Cali, gracias a sus altas tasas de pluviosidad y grandes extensiones de cobertura boscosa, el río Pance es tributaria de varias quebradas importantes de la zona y la calidad del agua en toda la red hídrica se puede clasificar como buena.³⁵

4.3.1.3. Hidroclimatología. La red hidrográfica del municipio de Santiago de Cali tiene una dirección predominante Oeste-Este, a excepción del río Cauca que tiene una dirección Sur-Norte. El 92% del área de las cuencas de los ríos que nacen en la parte alta del municipio está subtendida hasta la cota 1200 m.s.n.m.³⁶.

El corregimiento de Pance, comprende en toda su extensión la cuenca del río Pance, segundo caudal proveedor de agua en el municipio de Cali después del río Cauca. El río Pance nace en Los Farallones de Cali, por encima de los 3.800

³² Consejo Municipal de Santiago de Cali. Plan de Desarrollo Estratégico Corregimiento de Pance Periodo 2004-2008.[En línea]. Santiago de Cali. Departamento Municipal de Planeación, 2003.[Citado Abril 2013]. Disponible en internet: <http://www.cali.gov.co/publico2/documentos/planeacion/planterritorial/pance.pdf>

³³ Departamento Administrativo de Planeación Municipal, Municipio de Santiago de Cali, 1993. En: ³³ MERA J, Stephanie. ANÁLISIS DE MANEJO Y PERCEPCIÓN DEL IMPACTO DE LA HORMIGA ARRIERA (*ATTACEPHALOTES*) SOBRE LOS HABITANTES DEL CORREGIMIENTO DE PANCE, VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA. Trabajo de grado para optar al título de Administración del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ciencias Básicas, 2011. p.28

³⁴ Plan de Desarrollo Estratégico Corregimiento de Pance Periodo 2004-2008. Op. cit. p. 8. Disponible en internet: <http://www.cali.gov.co/publico2/documentos/planeacion/planterritorial/pance.pdf>

³⁵ Ibid., p. 8

³⁶ POT (Plan de Ordenamiento Territorial): Cali, 2000. Documento Resumen. Departamento Administrativo de Planeación Nacional, Municipio de Santiago de Cali. Ricardo h. Cobo Lloreda, Alcalde de Santiago de Cali. Francisco j. Hernández Bohmer, Director Departamento Administrativo de Planeación Municipal. Fabiola Aguirre Perea, Coordinadora Técnica POT.

m.s.n.m., y, tras un trayecto de 25 km., vierte sus aguas en el río Jamundí a 950 m.s.n.m. En sus periodos más lluviosos (abril-mayo y octubre-noviembre) se presentan entre 40 y 45mm y una temperatura promedio anual de 25°C³⁷. El corregimiento de Pance es parte activa de la zona amortiguadora del Parque Nacional Natural: Farallones de Cali.³⁸

Figura 3. Mapa de localización del área de estudio



Fuente: IGAC 2007 Escala 1:500.000 - Cartografía básica municipio de Cali.

Elaboración: Alexandro Banda. Diciembre del 2010. En: MERA J, Sthephanie. ANÁLISIS DE MANEJO Y PERCEPCIÓN DEL IMPACTO DE LA HORMIGA ARRIERA (*ATTACEPHALOTES*) SOBRE LOS HABITANTES DEL CORREGIMIENTO DE PANCE, VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA. Trabajo de grado para optar al título de Administración del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ciencias Básicas, 2011. 106. p

4.3.2 Generalidades de los Hongos. Los hongos son seres microscópicos o macroscópicos, no poseen clorofila y por consiguiente son heterótrofos, viven sobre

³⁷ IDEAM (Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales). El medio ambiente en Colombia. Bogotá: el IDEAM. 2ª edición. 2001.

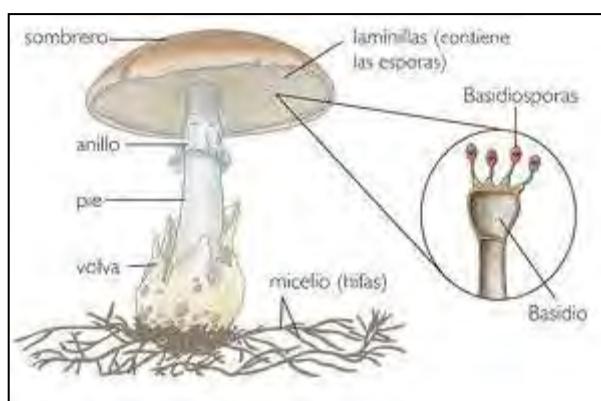
³⁸ MERA J, Sthephanie. ANÁLISIS DE MANEJO Y PERCEPCIÓN DEL IMPACTO DE LA HORMIGA ARRIERA (*ATTACEPHALOTES*) SOBRE LOS HABITANTES DEL CORREGIMIENTO DE PANCE, VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA. Trabajo de grado para optar al título de Administración del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ciencias Básicas, 2011. 106. p

diversos materiales orgánicos a los cuales descomponen para así alimentarse³⁹. Dado que se alimentan del material orgánico son de vital importancia para la reintegración de nutrientes y parte de los ciclos biogeoquímicos. Viven sobre diversos sustratos, absorbiendo moléculas alimenticias que puede ser suelo rico en nutrientes, productos alimenticios manufacturados y cuerpos de las plantas y animales, tanto muertos como vivos.⁴⁰

Generalmente están formados por hifas entrelazadas que tienen un aspecto de masas blancas algodonosas, éstas reciben el nombre de micelio y se encuentra enterrado en el sustrato. El micelio es la parte más importante del hongo el cual puede vivir muchos años⁴¹.

El crecimiento del micelio solo se da en las puntas, por lo que forma fructificaciones o masas afelpadas de forma radial⁴², lo que corresponde a la estructura macroscópica del hongo conocida como “hongo” o “seta” y constituye la parte reproductora al generar esporas en el Himenio, además son la base de identificación del hongo. La siguiente imagen muestra la estructura del hongo:

Figura 4. Estructura del hongo



Fuente: Naturaleza: Hongos y setas. http://pintasilvas.blogspot.com/2013_01_01_archive.html

Los hongos en su mayoría tienen una amplia distribución geográfica, como grupo o reino se pueden encontrar en cualquier lugar del globo terrestre y viven en cualquier sitio que presente condiciones de agua y temperatura apropiadas (4 – 60 °C) además de materia orgánica.⁴³

³⁹ GUZMÁN G. Hongos. México: Limusa, 1978. p.3

⁴⁰ KIMBALL John. Biología. 1983. Editado por Addison-Wesley. ISBN0201102455 p. 673

⁴¹ GUZMÁN G. Los nombres de los hongos y lo relacionado con ellos en América Latina. p. 10

⁴² SÁNCHEZ J, ROYSE D. La biología y el cultivo de *Pleurotus ostreatus* spp. México: Limusa S.A, 2001. p. 29

⁴³ HERRERA T. El reino de los hongos Micología básica y aplicada. Universidad Nacional Autónoma de México, 1990. 552 p.

La amplia distribución geográfica de los hongos o *cosmopolitismo* se debe a dos factores principalmente: en muchos lugares de la Tierra existen las condiciones apropiadas para su desarrollo y, además mediante pequeños fragmentos de su micelio o por sus esporas logran distribuirse fácilmente.

A nivel mundial, los hongos son el segundo grupo más diverso, estos después de los insectos, con aproximadamente 1,5 millones de especies, de las cuales solo se conocen el 45%, dado la falta de estudio en los países tropicales.⁴⁴

Dentro de los cuatro grupos taxonómicos, se encuentran los *Ficomicetos*, que son los hongos tipo alga, algunas especies dentro de éste grupo taxonómico son acuáticos, también denominadas mohos acuáticos; los *Ascomicetos* se caracterizan por producir dos tipos de esporas generadas de manera sexual y asexual. Existe un tipo de hongo que no pueden producir esporas sexuales a menos que estén presentes dos cepas diferentes o de lo contrario dejan de reproducirse sexualmente, estos hongos se clasifican como *hongos imperfectos*.

Por último los *Basidiomicetos* se dispersan mediante esporas sexuales producidas en los ápices de estructuras en forma de bastos, llamados basidio⁴⁵ o basidiocarpos. En condiciones adversas el micelio puede permanecer latente hasta que las condiciones favorables se presenten.

Desde tiempos remotos, el hombre ha utilizado los hongos como alimento; es grande el número de especies inocuas de hongos, muchas de ellas comestibles, en relación con las especies venenosas.⁴⁶ Los hongos comestibles silvestres, así como los cultivados para la alimentación humana están comprendidos en dos grupos taxonómicos: *Ascomicetes* y *Basidiomicetes*;⁴⁷ sin embargo comercialmente la selección de especies más comunes para cultivo son *Volvariella*, *Agaricus*, *Lentinula edodes* y del género *Pleurotus* todas dentro del grupo taxonómico *Basidiomicetes*.

El instituto de ecología de Xalapa México tiene en su banco de germoplasma más de 300 cepas de especies comestibles⁴⁸ el centro de recursos genéticos de hongos comestibles (CREGENHC) de Chiapas México, conserva en su colección especies

⁴⁴ CANSECO, Eduvigis. Estudio de la diversidad de Macromicetos silvestres en el municipio de San Gabriel Mixtepec, Oaxaca [En línea]. Tesis para optar al título de Licenciado en Biología. Oaxaca: Universidad del Mar, 2011. p.9. Disponible en internet: http://www.umar.mx/tesis_PE/Tesis_Digitales/Canseco%20Zorilla%20Eduvigis/Estudio%20de%20la%20diversidad%20de%20macromicetos%20silvestres%20en%20el%20Municipio%20de%20San%20Gabriel%20Mixtepec.%20Eduvigis%20Canseco%20zorilla.pdf

⁴⁵ KIMBALL .Op. cit. p. 675

⁴⁶ HERRERA. Op. cit. p. 444

⁴⁷ Ibíd., p. 444

⁴⁸ DULCE S. El cultivo de hongos comestibles en México. 1er encuentro nacional de investigadores en aprovechamiento de desechos agroindustriales, 2003

representadas en los géneros *Agaricus* (72 cepas), *Pleurotus* (136 cepas), *Lentinula* (22 cepas), *Neolentinus* (2 cepas), *Ganoderma* (3 cepas), *Calvatia* (4 cepas), *Auricularia* (2 cepas), *stopharia* (1 cepa), *Volvariella* (1 cepa), *Laetiporus* (1 cepa), *Armillaria* (1 cepa), *Hypsizygus* (2 cepas), *Flammulina* (3 cepas), *Coprinus* (1 cepa), *Coprinopsis* (1 cepa), un total de 252 cepas comestibles. Guzmán en su libro titulado Hongos enumera 77 especies de hongos comestibles.

El valor nutritivo de los hongos consta de un alto valor proteico, el cual varía de acuerdo a la edad y especie, “aproximándose a la leche bovina (3-4%) además sus proteínas son de alta calidad biológica ya que incluyen 9 de los aminoácidos esenciales para el hombre”⁴⁹, “igualado solamente por las leguminosas; la proteína contenida en las setas es digestible en un 70-80%”.⁵⁰

En general los hongos comestibles son ricos en carbohidratos 57 y 61% (glucógeno y quitina, además de complementos como la glucosa, fructosa, galactosa), vitaminas como niacina, tiamina, B1, B2, B3, B12 y vitamina c, fibras y minerales. Con base en su peso seco contiene 26% de proteína, 11.9% de fibra y se han encontrado minerales como potasio, fósforo, hierro y calcio; en cuanto a grasas su contenido es de 0.9 a 1.8%, en los hongos frescos los contenidos de agua son del 86-88%, proteína 2-5%, hidratos de carbono 3-5%, grasa 0,2-0,3% y minerales del 0,8-1%⁵¹.

Los hongos también han sido parte importante del desarrollo de la humanidad a través de la historia, no solo como fuente de alimento, si no parte fundamental en procesos industriales para la elaboración de otros alimentos o bebidas que han causado un gran impacto socio-económico. Debido a la capacidad de adaptar su metabolismo a diferentes fuentes de carbono y nitrógeno ha podido garantizar su supervivencia⁵², en la siguiente figura se evidencian algunas de las actividades que los hongos realizan a favor y en contra de los intereses del hombre.

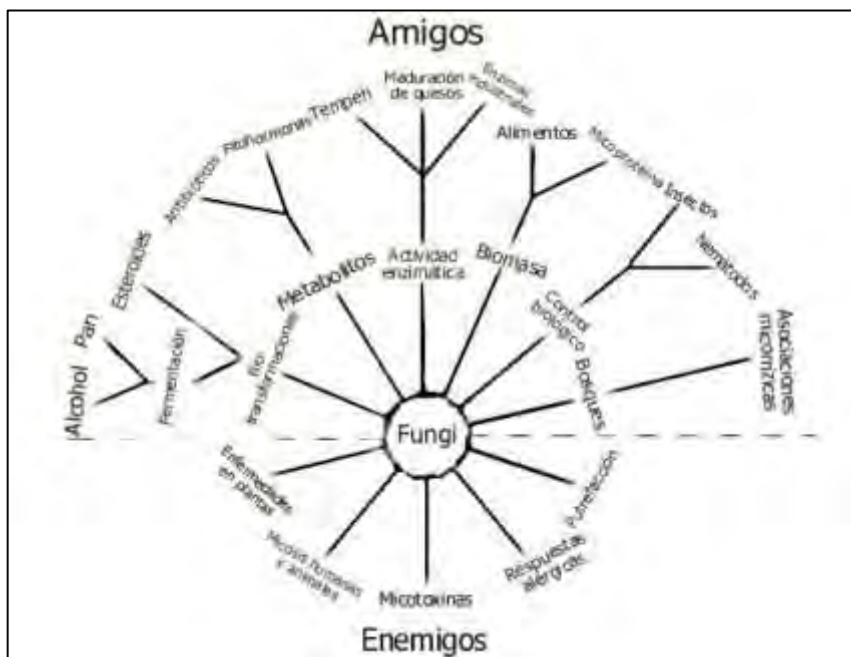
⁴⁹ MOLINA J.C. Producción de hongos comestibles, compost, vermicompost a partir de sustratos agroindustriales. 1er encuentro nacional de investigadores en aprovechamiento de desechos agroindustriales, 2003

⁵⁰ STEINECK H. Cultivo comercial del champiñón, 2da edición. Zaragoza, España. ACRIBIA, S.A, 1987. p 2

⁵¹ MOLINA J.C. et al. Hongos comestibles: experiencia en el aula. Universidad Autónoma de Occidente, GEADES, 2006

⁵² GAYOSSO, Martha. Caracterización de los compuestos de un extracto de primordios de *Pleurotus ostreatus* que induce su fructificación. Presentado como Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencias Área Biotecnología. Tecomán: Universidad de Colima, Julio 2001. p. 13

Figura 5. Actividades de los hongos relacionadas con los intereses del hombre



Fuente: GAYOSSO, Martha. Caracterización de los componentes de un extracto de primordios de *Pleurotostreatus* que induce su fructificación. Presentado como Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencias Área Biotecnología. Tecomán: Universidad de Colima, Julio 2001. p. 14.

4.3.2.1. Hongos Macromycetos. Un Macromicetos está formado por largas hifas ramificadas que se reúnen en cordones rizomorfos y cuerpos de reproducción (ascomas, basidiomas) visibles y medibles en centímetros. Son organismos saprobios que absorben la materia orgánica muerta de los residuos donde crecen, o son parásitos de árboles, o viven en simbiosis con plantas formando ectomicorrizas o endomicorrizas. Los hay comestibles y medicinales, venenosos y alucinógenos. Su ciclo de vida es complejo y varía según las clases de hongos⁵³. Suelen crecer en la humedad que proporcionan la sombra de los árboles, pero también en cualquier ambiente húmedo y con poca luz (Saldarriaga, 2001)⁵⁴.

4.3.2.2. Factores ambientales y nutricionales que intervienen en el crecimiento y fructificación de los hongos Macromicetos.

“Los hongos silvestres superiores (Macromicetos) y sus frutos (las setas) pueden considerarse como un recurso

⁵³ CARRILLO, Leonor. Los hongos de los alimentos y forrajes. s.l.: Universidad Nacional de Salta, 2003. ISBN 987-9381-19-X

⁵⁴ HERNÁNDEZ C, Ricardo y LÓPEZ R, Claudia. Evaluación del crecimiento y producción del *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del Departamento de Cundinamarca. Presentado como requisito parcial para optar por el título de MICROBIÓLOGO INDUSTRIAL. Santafé de Bogotá: Universidad Pontificia Javeriana, s.f. p. 16-17.

natural ligado a determinados hábitats, crecen de forma espontánea cuando se dan una serie de condiciones favorables”⁵⁵.

Según Sánchez y Royse⁵⁶, el conocimiento del desarrollo de los hongos en sus hábitats naturales y el pleno entendimiento de sus ciclos de vida, amplía las posibilidades de poder manipularlo exitosamente en condiciones artificiales con fines de cultivo a nivel industrial. Para que el hongo se desarrolle óptimamente necesita de cierta temperatura, pH, humedad tanto del aire como del sustrato, un sustrato adecuado, aireación, carbono y nitrógeno entre otros. Cumpliendo estos requerimientos los autores dedujeron cumplir a cabalidad el cultivo de setas de manera controlada.

- **Temperatura.** “La temperatura afecta el metabolismo de las células, influye en la capacidad enzimática del organismo. La sensibilidad a la temperatura no solo varía entre especies de hongos, sino también en etapas de crecimiento de las mismas, el rango de temperatura para el crecimiento de los hongos Macromicetos varía entre 24-28”⁵⁷.
- **pH.** El potencial de Hidrógeno del sustrato o medio de cultivo donde crece influye directamente por que incide sobre el carácter iónico del medio e influye directamente sobre las proteínas de la membrana y sobre la actividad de la enzima ligada a la pared celular; es decir afecta directamente al metabolismo⁵⁸. Los valores óptimos de pH para *Pleurotus ostreatus* deben de estar entre 6,5 y 7,5⁵⁹.
- **Sustratos.** “Un sustrato muy duro tendrá muy pocos espacios intercelulares y por lo tanto presentará problemas en la aireación, un sustrato muy blando en cambio con el agua y la humedad se empastará presentando el mismo problema de aireación. En general los hongos requieren pocos nutrientes para su desarrollo y las sustancias esenciales que deben de estar presentes en estos sustratos deben ser, fuentes de carbono, nitrógeno, minerales entre otros”⁶⁰.
- **Aireación.** Según Acevedo y Jiménez⁶¹, el oxígeno y el CO₂ son elementos de gran importancia para el crecimiento de los Basidiomicetos ya que estos son organismos aerobios. Estos organismos demandan diferentes niveles de O₂ y CO₂ según el estado fisiológico en el que se encuentren, sus concentraciones pueden estimular o inhibir la fructificación, crecimiento micelial, germinación de esporas entre otros.

⁵⁵CUESTA CUESTA, José. Hongos y Setas silvestres en la comunidad de Madrid. En: FORESTA: Asociación y Colegio oficial de Ingenieros Técnicos Forestales, 2011. n° 52, p. 420.

⁵⁶Sánchez.Op. cit.p. 71-71.

⁵⁷MUÑOZ.Op. cit. p. 37.

⁵⁸Ibid., p. 37

⁵⁹Ibid., p. 37

⁶⁰GUZMAN et al. EL CULTIVO DE LOS HONGOS COMESTIBLES: Con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agroindustriales. Xalapa: Instituto Politécnico Nacional, 1993. p. 6

⁶¹ACEVEDO MUÑOZ, María C y JIMÉNEZ LOAIZA, Martha. Op. cit. p. 38.

- **Humedad del aire.** Tener este factor dentro de los niveles adecuados para el hongo es fundamental en la etapa de fructificación de los hongos, dado que su estructura hifal no permite retener la humedad en condiciones adversas, un balance adecuado entre la humedad del aire y el contenido de agua del hongo es necesario.⁶²
- **Carbono y Nitrógeno.** El hongo utiliza el carbono como fuente de energía y para la elaboración de sustancias estructurales de la célula. Entre los compuestos más comúnmente empleados, están los carbohidratos (mono y polisacáridos), ácidos orgánicos, aminoácidos, algunos alcoholes y la lignina. El nitrógeno es necesarios para la elaboración de sus proteínas. Las principales fuentes de nitrógeno se obtienen a partir de la degradación de aminoácidos, peptona, caseína entre otros.⁶³
- **Celulosa.** Según Atlas y Bartha (2002) es el compuesto más simple encontrado en el material lignocelulolítico de las plantas, es el biopolímero más abundante de la biosfera, es una molécula que da estructura y soporte a la planta, forma un cristal empaquetado que es impermeable al agua, por lo cual es insoluble en el agua y resistente a la hidrólisis. Los hongos Macromicetos pueden degradar la celulosa por medio de la producción de enzimas como endo- β -1,4-gluacanasa, el complejo Cx y endo- β -1,4-glucosidasa, esto les permite absorber elementos importantes para su crecimiento y desarrollo⁶⁴.
- **Lignina.** Es un polímero complejo, tridimensional, globular, insoluble y de alto peso molecular, formado por unidades de fenilpropano cuyos enlaces son fáciles de hidrolizar por vía química o enzimática. La lignina es la responsable de la rigidez de las plantas y de sus mecanismos de resistencia al estrés y a ataques microbianos. Los hongos Macromicetes pueden degradar la lignina por medio de la producción de enzimas como la casa, lignina peroxidasa y manganeso peroxidasa.⁶⁵

4.3.3. Generalidades del *Pleurotus ostreatus*. La descripción taxonómica del hongo *Pleurotus ostreatus*, esta detallada en el siguiente cuadro.

⁶²Ibid., p. 38.

⁶³GUZMÁN.Op. cit. p. 6-7.

⁶⁴ATLAS, R. Y BARTHA R. Ecología microbiana y microbiología ambiental. En: HERNÁNDEZ C, Ricardo y LÓPEZ R, Claudia. Evaluación del crecimiento y producción del *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del Departamento de Cundinamarca. Presentado como requisito parcial para optar por el título de MICROBIÓLOGO INDUSTRIAL. Santafé de Bogotá: Universidad Pontificia Javeriana, s.f. p. 34-35.

⁶⁵ HERNÁNDEZ C. Op. cit. p. 34-35. Disponible en internet: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis257.pdf>

Cuadro 1. Descripción taxonómica del *Pleurotus ostreatus*

Reino	Fungi
División	Basidiomycotina
Clase	Homobacidiomicete
Subclase	Hymenomicete
Orden	Agaricales
Familia	Tricholomataceae
Género	<i>Pleurotus</i>
Especie	<i>ostreatus</i>

Fuente: SANCHEZ, José E. y ROYCE, Daniel. *La biología y el cultivo de Pleurotus spp.* En: GAYOSSO, Martha. Caracterización de los compuestos de un extracto de primordios de *Pleurotus ostreatus* que induce su fructificación. Presentado como Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencias Área Biotecnología. Tecmán: Universidad de Colima, Julio 2001. p.12

➤ **Generalidades del *Pleurotus ostreatus*.** Su nombre técnico (*Pleurotus spp*) deriva del griego *pleura* o *pleurón*, costado o lado, y del latín *otus*, oreja⁶⁶. Es un grupo de amplia distribución en la naturaleza, crecen en general en partes vivas o muertas de plantas, que generalmente son pobres en vitaminas y nutrientes⁶⁷, gracias a su facilidad de formar cuerpos fructíferos de gran calidad organoléptica, ha sido cultivado y es de gran importancia a nivel económico.⁶⁸ Posee varios nombres comunes con el que se le identifica en diferentes regiones del mundo, por ejemplo *Pleurotus*, *Gírgola*, *Seta común*, *Seta de ostra*, *Hongo ostra*, *Hongos ostras*, *Orejón*, *Seta de chopo* entre otros.

Este tipo de seta no presenta anillo ni volva, se le denomina ostra por su forma y color de los cuerpos fructíferos (Sombrero o Carpóforo).

Su diámetro oscila entre 5 y 15 cm según su edad, posee varias tonalidades de color, desde el blanco, hasta grises o azulados, pero con el pasar del tiempo empieza a tener un color amarillento, su carne es blanca y posee un ligero color a anís⁶⁹.

⁶⁶ Evaluación de diferentes sustratos agroindustriales como sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. Op. cit., p. 95.

⁶⁷ ZADRAZIL, F. Cultivation of *Pleurotus ostreatus*. En: GAYOSSO, Martha. Caracterización de los compuestos de un extracto de primordios de *Pleurotus ostreatus* que induce su fructificación. Presentado como Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencias Área Biotecnología. Tecmán: Universidad de Colima, Julio 2001. p. 32.

⁶⁸ CHANG, S. Conversion of agricultura and industrial waste into fungal protein. En: GAYOSSO, Martha. Caracterización de los compuestos de un extracto de primordios de *Pleurotusostreatus* que induce su fructificación. Presentado como Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencias Área Biotecnología. Tecmán: Universidad de Colima, Julio 2001. p. 32.

⁶⁹ Evaluación de cuatro sustratos para la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en tres ciclos de producción en la zona de Tambillo, Provincia de Pichincha. Op. cit., p.16. Disponible en internet: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4663/1/CD-4295.pdf>

➤ **Morfología del *Pleurotus ostreatus*.** Su sombrero es redondeado y de superficie lisa, abombada y convexa en la juventud pero con la llegada de la madures se aplana⁷⁰. En la parte inferior del sombrero hay unas laminillas dispuestas radialmente como las varillas de un paraguas, que van desde el pie o tallo que lo sostiene, hasta el borde. Son anchas, espaciadas unas de otras, blancas o crema, a veces bifurcadas, y en ellas se producen las esporas destinadas a la reproducción de la especie. Estas esporas son pequeñas, oblongas, casi cilíndricas, que en gran número forman masas de polvo o esporada, de color blanco con cierto tono lila-grisáceo⁷¹.

Presenta un pie lateral corto, que en ocasiones puede ser excéntrico; la carne o contexto es blanca o blanquecina, con sabor y olor agradables. Los cuerpos fructíferos crecen en forma gregaria y por lo general imbricada, sobre troncos caídos o en pie, o en diversos restos vegetales. Distribuido por todo el mundo con temperaturas y bosques tropicales⁷². A pesar de las descripciones dadas anteriormente sobre forma y color, según Zervakis *et al* (2001,) actualmente los taxónomos se encuentran con dificultades para describir las especies del genero *Pleurotus*, esto dado que inicialmente se basaron en las descripciones del cuerpo fructífero (color, forma, tamaño, sin embargo observaron que la influencia que ejercían las condiciones ambientales sobre el mismo, hacían que las características fenotípicas establecidas fueran insuficientes⁷³, es por esto que de manera general las especies de este género se consideran que poseen cuerpos fructíferos con pileo liso o algo escamoso hacia el centro, en forma de embudo de pétalo de flor o de concha de ostra, con himenofóro lamelado y de consistencia típicamente carnosa o correosa, sus colores van del grisáceo, café y hasta rosados, carecen de estípites (sésiles) o bien este es lateral y corto, aunque a veces se puede presentar largo, sus laminas son poco o unidas entre sí a la base, su carne es blanda y correosa con olor y sabor agradables.⁷⁴

⁷⁰Ibid., p. 23. Disponible en internet: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2138.pdf

⁷¹ Descripción Morfológica del *Pleurotus ostreatus*. Recursos complementarios del bosque: Setas y Hongos [En línea]. Cataluña. RedFor (Red Forestal de Desarrollo Rural) [Consultado mayo 2013]. Disponible en Internet: <http://selvicultor.net/redfor/wp-content/uploads/Recursos-complementarios-del-monte-Setas-y-hongos.pdf>

⁷²RODRÍGUEZ, Ramón. Caracterización de cepas del hongo comestible *Pleurotus spp.* en medio de cultivo y su evaluación en sustratos lignocelulósicos forrajeros para la producción de carpóforos. [En línea]. Requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias Agrícolas. Nuevo León: Universidad de Nuevo León. 1996. p.14. Disponible en internet: <http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080071715.PDF>

⁷³ZERVAKIS, G *et al*. Genetic polymorphism and taxonomic infrastructure of the *Pleurotus eryngii* species-complexes determinate by RAPD analysis, isozyme profiles and ecomorphological characters. En: MALDONADO ASTUDILLO, Yanik. Obtención de cepas híbridas de *Pluotus spp.* por apareamiento de neohaplontes compatibles. [En línea]. Tesis para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Bioprocesos. México D.F.: Instituto Politécnico Nacional. 2007. 4-5 p. [Consultado Marzo 2013]. Disponible en internet: http://www.biotechnologia.upibi.ipn.mx/recursos/posgrado/tesis/mc_ymaldonado.pdf

⁷⁴Ibid., p.5. Disponible en internet: http://www.biotechnologia.upibi.ipn.mx/recursos/posgrado/tesis/mc_ymaldonado.pdf

Figura 6. Foto del Cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*



Su distribución es cosmopolita, gracias a su fácil adaptación a climas y a diferentes tipos de sustratos, ya sean vivos o muertos, por estas razones se ha convertido en el segundo hongo más producido a nivel mundial, solo superado por el champiñón (*Agaricus bisporus*)⁷⁵.

Cuadro 2. Distribución mundial del genero *Pleurotus*

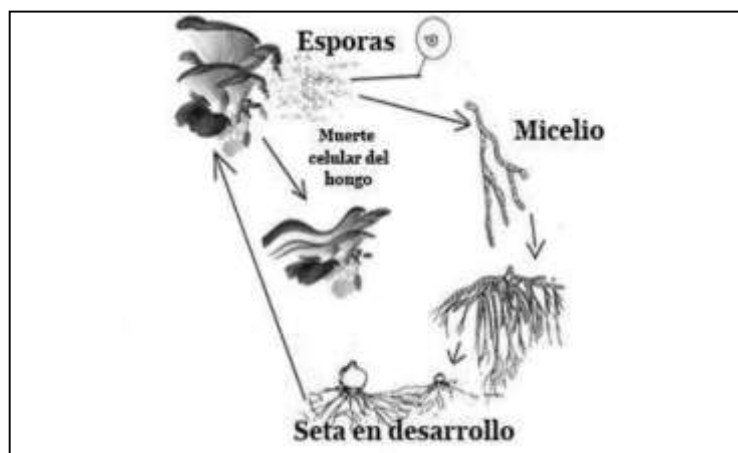
	Europe	Asia	N. America	S. America	Africa	Australasia
<i>P. ostreatus</i>	o	o	o	o	o	o
<i>P. pulmonarius</i>	o	o	o	-	-	o
<i>P. populinus</i>	o	-	o	-	-	-
<i>P. cornucopiae</i>	o	o	-	-	-	-
<i>P. djamor</i>	-	o	o	o	o	o
<i>P. eryngii</i>	o	o	-	-	o	-
<i>P. cystidiosus</i>	o	o	o	-	o	-
<i>P. calyptratus</i>	o	o	-	-	-	-
<i>P. dryinus</i>	o	o	o	-	o	o
<i>P. purpureo-olivaceus</i>	-	-	-	-	-	o
<i>P. tuber-regium</i>	-	o	-	-	o	o

Fuente: KONG, Won-Sik. Descriptions of Comercially Important *Pleurotus* Especies.[En línea]. Mushworld. 2004. p. 55 [Consultado el 23 de Marzo del 2013]. Disponible en internet: <http://www.alohamedicinals.com/book1/chapter-4.pdf>

⁷⁵KONG, Won-Sik.Descriptions of Comercially Important *Pleurotus* Species.[En línea]. Mushworld. 2004. p. 55 [Consultado el 23 de Marzo del 2013]. Disponible en internet: <http://www.alohamedicinals.com/book1/chapter-4.pdf>

➤ **Ciclo de crecimiento y condiciones ambientales del cultivo de *Pleurotus ostreatus*.** El ciclo de crecimiento del *Pleurotus ostreatus* se muestra en la siguiente figura.

Figura 7. Ciclo de crecimiento del *Pleurotus ostreatus*

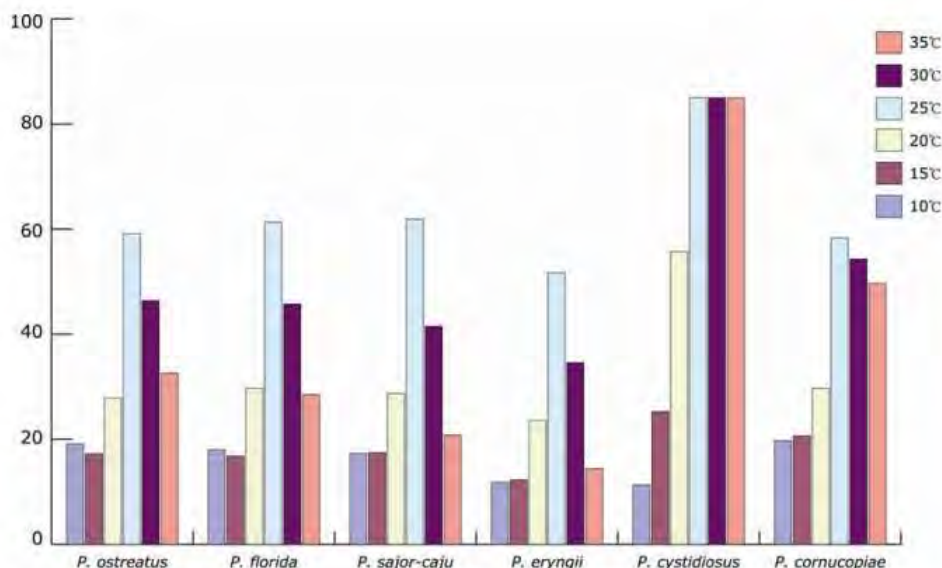


Fuente: Invernaderos GREENHOUSE, 2010. En: AGUINAGA, Paulina. Evaluación de cuatro sustratos para la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en tres ciclos de producción en la zona de Tambillo, Provincia de Pichincha. [En línea]. Tesis presentada como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria.2012. p.3. Disponible en internet: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4663/1/CD-4295.pdf>

➤ **Temperatura optima de corrida del micelio.** Según Won-Sik KONG⁷⁶, las condiciones óptimas de crecimiento de esta especie durante las diferentes etapas de crecimiento, son muy similares a otras especies del mismo género (*P. florida*, *P. sajor-caju* and *P. eryngii*), por ejemplo las temperaturas adecuadas para generar una corrida del micelio optima, rondan los 25° o 35°C, lo que sugiere que su cultivo es factible en temperaturas tanto templadas como cálidas, sin embargo se recomienda tener el salón de incubación entre 3 o 5°C más bajo de lo establecido a causa del calor generado por la respiración del hongo, a continuación se mostrara las condiciones óptimas del crecimiento del micelio de algunas especies del genero *Pleurotus*.

⁷⁶Ibid., p. 56. Disponible en internet: <http://www.alohamedicinals.com/book1/chapter-4.pdf>

Figura 8. Gráfica de Efectos de diferentes temperaturas en el crecimiento micelial de diferentes especies del género *Pleurotus*



Fuente: KONG, Won-Sik. Descriptions of Commercially Important *Pleurotus* Species. [En línea]. Mushworld. 2004. p. 56 [Consultado el 23 de Marzo del 2013]. Disponible en internet: <http://www.alohamedicinals.com/book1/chapter-4.pdf>

➤ **Temperatura óptima para aparición de Carpóforos.** El ciclo de vida de los *Pleurotus*, están marcados por 2 etapas muy importantes, la fase vegetativa y el crecimiento reproductivo, algunas clases de estímulos son necesarios para el paso de la fase del crecimiento del micelio (vegetativa) a la formación del fruto (reproductiva)⁷⁷. Estos estímulos incluyen cambios bruscos en la temperatura, humedad, concentraciones de gas (CO₂), luz y reservas de nutrientes, en el caso del *Pleurotus ostreatus* la fructificación es inducida por cambios en la temperatura, rangos entre 10 y 15°C. También hay que tener en cuenta que la exposición a diferentes temperaturas afecta el color de los frutos de esta especie, como se muestra a continuación (Ver figura 9).

⁷⁷Ibid., p. 57. Disponible en internet: <http://www.alohamedicinals.com/book1/chapter-4.pdf>

Figura 9. Foto de Efectos de la temperatura en el color de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus*



Fuente: fotografía de Chang-SungJhune. En: KONG, Won-Sik. Descriptions of Commercially Important *Pleurotus* Species.[En línea]. Mushworld. 2004. p. 57 [Consultado el 23 de Marzo del 2013]. Disponible en internet: <http://www.alohamedicinals.com/book1/chapter-4.pdf>

➤ **Concentraciones de CO₂ en fases de Desarrollo fructífero.** El contenido de CO₂ es muy importante en fases de corrida del micelio y fase reproductiva, durante la corrida del micelio en los lugares de incubación los niveles de CO₂ pueden alcanzar hasta un 40%. El micelio de *Pleurotus ostreatus* es estimulado contenidos de CO₂ cercanos al 28%, en fases de fructificación, sin embargo en las salas de crecimiento estos contenidos de gas deben de ser controlados con una buena aireación, ya que si se exceden los niveles, por ejemplo en concentraciones por encima de 1000 ppm, los cuerpos fructíferos mermarán su calidad drásticamente.⁷⁸ (Ver Figura 10)

⁷⁸Ibíd., p. 57-58. Disponible en Internet: <http://www.alohamedicinals.com/book1/chapter-4.pdf>

Figura 10. Foto de Efecto de las concentraciones de CO₂ sobre la forma de los cuerpos fructíferos del *Pleurotus ostreatus*



Fuente: KONG, Won-Sik. Descriptions of Commercially Important *Pleurotus* Species.[En línea]. Mushworld. 2004. p. 57 [Consultado el 23 de Marzo del 2013]. Disponible en internet: <http://www.alohamedicinals.com/book1/chapter-4.pdf>

A continuación se muestra la tabla 1, con todos los parámetros adecuados para el cultivo controlado de la especie *Pleurotus ostreatus*:

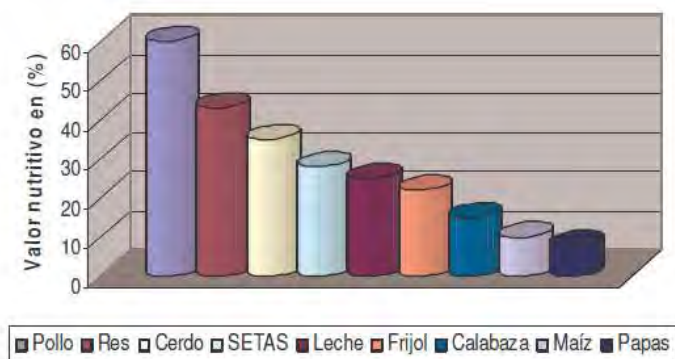
Tabla 1. Condiciones óptimas para el crecimiento de diferentes especies de *Pleurotus ostreatus*

Species	<i>P. ostreatus</i>	<i>P. florida</i>	<i>P. sajor-caju</i>	<i>P. eryngii</i>	<i>P. cornucopiae</i>	<i>P. cystidiosus</i>
Conditions						
Spawn run (°C)	25	25	25	25	25-30	25-35
Primordia formation (°C)	10-15	10-25	10-25	10-15	20-25	20-25
Fruiting body production (°C)	10-17	15-25	18-25	13-18	20-30	25-30
CO ₂ conc. (ppm)	< 1,000	< 800	400-800	< 2,000	< 1,000	< 1,000
Optimum season	Autumn	Spring, Summer	Spring,	Autumn	Summer	Summer
Applied cultivation methods	Log, Shelf, Box, Bottle, Bag	Shelf, Box	Shelf, Box	Bottle, Bag	Shelf, Box	Bottle, Bag

Fuente: KONG, Won-Sik. Descriptions of Commercially Important *Pleurotus* Species.[En línea]. Mushworld. 2004. p. 56 [Consultado el 23 de Marzo del 2013]. Disponible en internet: <http://www.alohamedicinals.com/book1/chapter-4.pdf>

➤ **Contenido nutricional del *Pleurotus ostreatus*.** A pesar que el hongo es cerca de un 90% agua, se le cataloga como una valiosa fuente de nutrición, esta seta es fuente de valiosos aminoácidos y vitaminas necesarios en una dieta diaria, y en contrario las carnes de origen animal, esta no contiene grasas saturadas que en consumo excesivo pueden generar problemas en la salud a mediano y largo plazo.

Figura 11. Gráfica sobre comparación del valor nutricional (en %) del *Pleurotus ostreatus* con otros alimentos



Fuente: GAITAN-HERNÁNDEZ, Rigoberto, *et al.* Manual práctico del cultivo de setas: Aislamiento, cepas y producción. Xalapa: s.n. 2002. p.5

De igual forma Gaitán *et al.* (2002) afirman que este es un hongo rico en carbohidratos, vitaminas, fibras, minerales y que sus proteínas contienen todos los aminoácidos. Posee carbohidratos poliméricos como glucógeno y la quitina, también varios complementos carbonados de bajo peso molecular como la glucosa, fructosa, galactosa, trealosa entre otros.⁷⁹ (Ver Tabla 2)

⁷⁹ GAITAN *et al.* Manual práctico del cultivo de setas: Aislamiento, cepas y producción. En: ACEVEDO MUÑOZ, María C y JIMÉNEZ LOAIZA, Martha I. Evaluación de diferentes sustratos agroindustriales como sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. Santiago de Cali, 2006. p.55. Trabajo de Grado para optar al título Administrador del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ciencias Básicas.

Tabla 2. Contenido vitamínico y mineral encontrado en *Pleurotus ostreatus*

VITAMINAS	Contenido	Minerales	Contenido
Vitamina A	1%	Calcio	1%
Vitamina C	0%	Hierro	10%
Vitamina D	N/A	Magnesio	5%
Vitamina E	N/A	Fósforo	14%
Vitamina B1 (tiamina)	4%	Potasio	15%
Vitamina B2 (riboflavina)	21%	Sodio	1%
Vitamina B3 (niacina)	18%	Cinc	5%
Vitamina B5 (ácido. Pantoténico)	13%	Cobre	18%
Vitamina B6 (piridoxina)	6%		
Vitamina B9 (ácido fólico)	12%		
Vitamina B12 (cianocobalamina)	0%		
Vitamina K	N/A		

Fuente: VICOBOS. Las setas y el hombre [En línea]. Madrid. VICOBOS, s.f. [Consultado Marzo 2013]. Disponible en internet: <http://usuarios.lycos.es/vicobos/nutrición/setas7setas3.html>

➤ **Tecnologías en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*.** En el cultivo de hongos comestibles y medicinales, se han usado muchos tipos de sustratos derivados de actividades agro-industriales, en experimentos realizados con anterioridad han sido formulados sustrato a base de maíz, fardos, aserrín, bagazo, pulpa de madera, desperdicios de palma de aceite, algodón, banana, café, desperdicios de avícolas, cáscaras de coco, corteza y hojas de árbol⁸⁰. El método de cultivo de *Pleurotus ostreatus* es similar a otros hongos comestibles y medicinales con pequeñas variaciones como sustratos, fórmulas para el crecimiento del micelio, humedad, temperatura y tratamientos térmicos, estos varían a causa de las diferencias ambientales entre regiones o países, diferencias de tecnologías, financiación, disposición de materiales vegetales residuales.

El trabajo realizado por Fracchiá, Aranda y Terrizano, que se presenta a continuación, expone datos sobre Eficiencias Biológicas y Tasas de Productividad, las cuales son las dos variables que se van a evaluar en el proyecto para determinar la mejor formulación por medio de la productividad del hongo *Pleurotus ostreatus*. Estas variables se determinan con la realización de siguientes formulas:

$$\text{EFICIENCIA BIOLÓGICA} = \frac{\text{Peso del hongo fresco}}{\text{Peso del sustrato seco}} * 100$$

$$\text{TIEMPO DE PRODUCTIVIDAD} = \frac{\text{Eficiencia Biológica}}{\text{Tiempo estudiado (días)}} * 100$$

⁸⁰BUSWEL, J; CAI, J y CHANG S. Fungal- and Substrate-Associated Factors Affecting the Ability of Individual Mushroom Species to Utilize Different Lignocellulosic Growth Substrates. Mushroom Biology and Mushroom Products. En: The Chinese University Press. Hong Kong. 1993. P 141-150.

Desde hace muchas décadas se ha usado el *Pleurotus ostreatus* con fines varios por el interés del humano, desde los campos ambientales, farmacéutico, de seguridad alimentaria o simplemente con fines económicos y financieros según el Cuadro 3.

Cuadro 3. Aplicaciones biotecnológicas de *Pleurotus*

Ambiental	Farmacológica	Alimentaria
Bioconversión de residuos agroindustriales	Producción de metabolitos secundarios de interés farmacéutico	Alimento de alto valor nutritivo
Biodegradación de xenobióticos, hidrocarburos poliaromáticos y otros contaminantes industriales		Producción de proteínas con uso industrial potencial

Fuente: MALDONADO ASTUDILLO, Yanik. Obtención de cepas híbridas de *Plurotus spp.* por apareamiento de neohaplontes compatibles.[En línea]. Tesis para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Bioprocesos. México D.F.: Instituto Politécnico Nacional. 2007. 4-5 p.[Consultado Marzo 2013]. Disponible en internet: http://www.biotecnologia.upibi.ipn.mx/recursos/posgrado/tesis/mc_ymaldonado.pdf

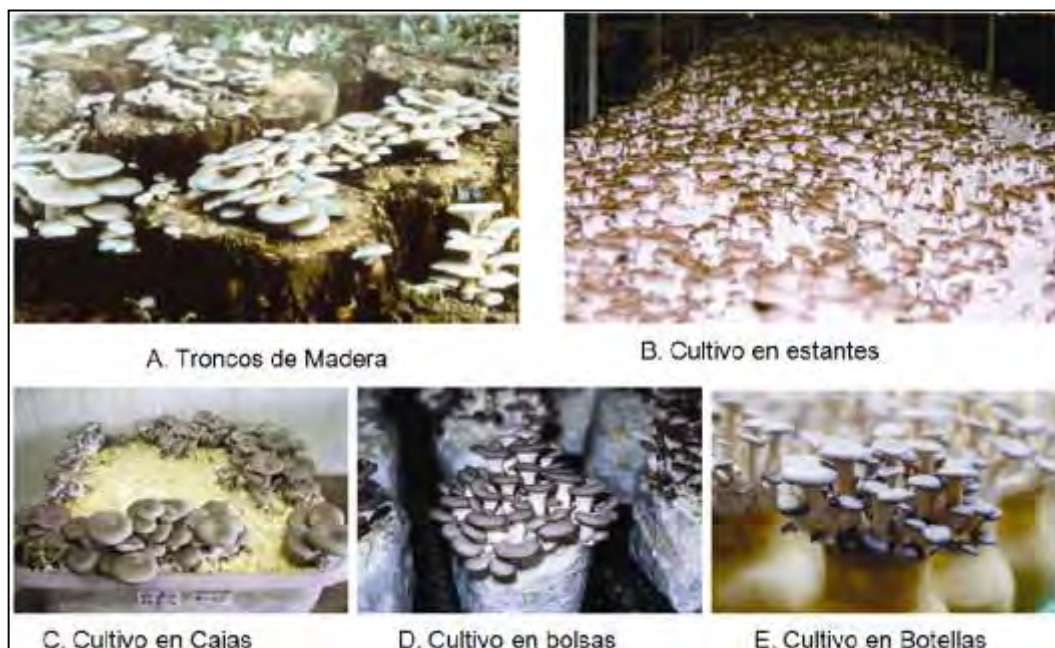
Según Fligas y Curvetto⁸¹ estas son las actividades que se deben de realizar a la hora de cultivar hongos comestibles o medicinales:

1. Selección y determinación de la cepa a emplear.
2. Crecimiento de micelio sobre un medio nutritivo sólido (agar)
3. Inoculación del micelio sobre granos “carrier” la producción subsiguiente degeneraciones de “spawn” o blanco de hongo.
4. Descontaminación del sustrato (sustrato con el agregado de aditivos y suplementos) por pasteurización.
5. Inoculación del sustrato descontaminado.
6. Embolsado y colocación de las bolsas en cuartos de “corrida” del micelio (oscuridad, temperatura y humedad determinadas).
7. Perforación de bolsas y traslado a sala de fructificación (luz, temperatura y humedad determinada, recambio de aire).
8. Cosecha.
9. Acondicionamiento post-cosecha.
10. Conservación

Por medio de las adaptaciones de los métodos de cultivo a las condiciones medio ambientales y materias primas disponibles, en las diferentes regiones del mundo, se han generado un sinfín de estilos de siembra y cultivo del *Pleurotus*, como se observa en la Figura 12.

⁸¹ MONOGRAFÍA SOBRE LAS PROPIEDADES MEDICINALES DEL HONGO REISHI (*Ganoderma lucidum*). Op Cit. p. 7. Disponible en Internet: <http://www.hongoscomestibles-latinoamerica.com/P/2%20ganoderma-s.pdf>

Figura12. Foto de diferentes métodos de cultivo de *Pleurotus ostreatus*



Fuente: Modificado de: KONG, Won-Sik. Descriptions of Commercially Important *Pleurotus* Species.[En línea]. Mushworld. 2004. p. 59 [Consultado el 23 de Marzo del 2013]. Disponible en internet: <http://www.alohamedicinals.com/book1/chapter-4.pdf>

En Argentina, un cultivo experimental sobre la factibilidad de cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre dos (2) residuos agroindustriales (*Simmondsia chinensis* y *Jatropha macrocarpa*) y otro residuo como control (paja de Trigo), secultivó experimentalmente en condiciones controladas de luz, temperatura y humedad. La combinación de *J. macrocarpa* y *S. chinensis* resultó la más efectiva con una eficiencia biológica de 89,7% y una tasa de producción de 1.74%. La paja de trigo usada como testigo, se cortó manualmente en segmentos de 1-5 cm, la cascarilla de *Jatropha macrocarpa* se utilizó directamente sin moler; el desecho de *Simmondsia chinensis* se dejó secar sobre una malla metálica durante 6 días a temperatura ambiente y luego se tamizó para obtener una granulometría < 2 mm. A los seis tratamientos realizados se les agregaron 4% de CaCO_3 para ajustar el pH entre 6,5 – 7,0. Los tratamientos fueron: J: 96% cascarilla de *Jatropha macrocarpa*, P: 96% paja de trigo, PJ: 48% paja de trigo, 48% cascarilla de *Jatropha macrocarpa*, PS: 78% paja de trigo, 18% deshecho de Sc, PJS: 39% paja de trigo, 39% cascarilla de *Jatropha macrocarpa*, 18% deshecho de *Simmondsia chinensis*, *Jatropha macrocarpa*: 78% cascarilla de *Jatropha macrocarpa*, 18% deshecho de Sc.

Las mezclas se hidrataron durante 12 horas. Se llenaron bolsas de polipropileno de 25 x 35 cm con 1,7 kg (peso húmedo) del sustrato y se pasteurizaron en autoclave industrial a vapor fluente (90°C) durante 4 h. Se realizaron 5 réplicas por cada tratamiento. Al enfriarse el sustrato se inocularon las bolsas con la cepa de *P. ostreatus* (10% peso húmedo del sustrato) distribuyéndolo manualmente. A las 24 h de la inoculación se realizaron 4 cortes equidistantes en cruz en los costados de

cada bolsa. Las bolsas se incubaron en oscuridad a $26\pm3^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa de $80\pm5\%$. Una vez colonizado completamente el sustrato, las bolsas se trasladaron a una cámara de fructificación a $15\pm3^{\circ}\text{C}$, con una intensidad lumínica de 850 lux m^2 , fotoperíodo natural (14h luz, 10h oscuridad) y ventilación adecuada con un extractor de aire.⁸²

En un experimento realizado en México, se cultivaron 3 cepas de *Pleurotus spp.*, con temperaturas que oscilaron de $28\text{--}36^{\circ}\text{C}$ sobre 3 sustratos lignocelulósicos: Rastrojo de hoja de la mazorca de maíz, rastrojo de sorgo forrajero, paja de pasto bermuda cruzada, con la cepa (IBUG-8), en la paja de pasto se obtuvo la mayor producción de carpóforos y eficiencia biológica de las tres cepas, seguido por el rastrojo de maíz y rastrojo de sorgo. Se efectuó un análisis de proteína de los carpóforos y sustratos. El análisis de proteína mostró que no existen diferencias significativas del sustrato sobre la composición química de proteína de los carpóforos.

Según Shanet *et al.*, (2004)⁸³, al hacer uso de 6 tratamientos a base de paja de trigo, aserrín, residuos de poda (no especificados) obtuvieron lo siguiente. Se formularon de la siguiente manera:

Cuadro 4. Tratamientos de cultivo *Pleurotus ostreatus* (sin especificar)

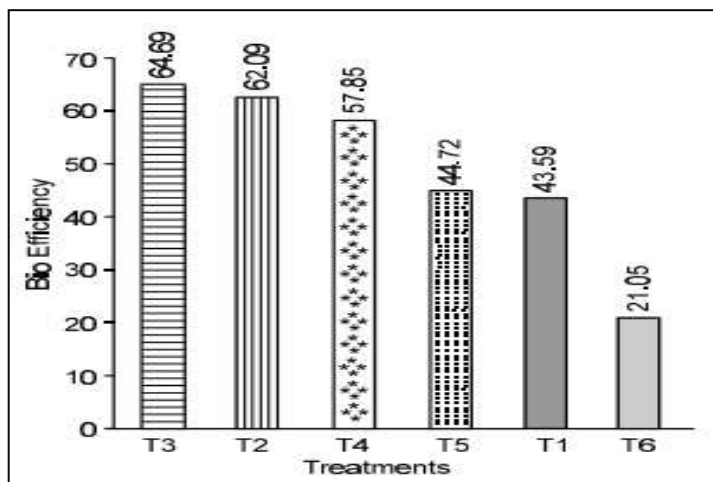
Paja de Trigo – 100%	Tratamiento 4
Residuos de Poda – 100%	Tratamiento 1
Aserrín – 100%	Tratamiento 3
Aserrín 50% + paja 50%	Tratamiento 5
Aserrín 75%+ 25 residuos de Poda	Tratamiento 2
Paja 50% + residuos de Poda 50	Tratamiento 6

Los sustratos se sumergieron en agua durante 24 horas, dejándolos escurrir hasta alcanzar una humedad del 65%, después se depositaron en bolsas y se dejaron fermentar durante 5 días, cada sustrato fue depositado en bolsas de polipropileno con sus formulaciones respectivas y se introdujeron en el autoclave durante 45 min a 120°C o 15-20 psi. Se inocularon las bolsas con la cepa en un porcentaje del 5% (pesos seco del sustrato), se incubaron las bolsas en total oscuridad a 25°C para la corrida del micelio y a $17,5^{\circ}\text{C}$ para la fase de fructificación. A continuación se muestran cuáles fueron las EB como resultado de ese experimento:

⁸²FRACCHIÁ, Sebastián; ARANDA, Adriana y TERRIZANO, Esteban. Cultivo de una cepa comercial de *Pleurotusostreatus* en desechos de *Simmondsia chinensis* y *Jatropha macrocarpa*. En: Revista Mexicana de Micología. Junio, 2009, Vol 29. p. 37-42

⁸³ SHAH, Z; ASHRAF, F Y ISHTIAQ, M. Comparative Study on Cultivation and Yield Performance of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on Different Substrates (Wheat Straw, Leaves, Saw Dust). En: Pakistan Journal of Nutrition: Asian Network for Scientific Information. 2004, Vol 3, entrega 3. p. 158-160

Figura 13. Gráfica sobre eficiencias biológicas de los tratamientos con paja de trigo, aserrín y residuos de poda



Fuente: SHAH, Z; ASHRAF, F Y ISHTIAQ, M. Comparative Study on Cultivation and Yield Performance of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on Different Substrates (Wheat Straw, Leaves, Saw Dust). En: Pakistan Journal of Nutrition: Asian Network for Scientific Information. 2004, Vol. 3, entrega 3. p. 158-160

En experimentos llevados a cabo en Colombia, se muestra la factibilidad y potencial cultivo a nivel industrial del *Pleurotus ostreatus*, dado que se usó materia prima residual de nuestro país (residuos agroindustriales, residuos de poda) y se obtuvieron buenos resultados bajo las condiciones ambientales asociadas a los lugares de experimentación.

En un proyecto de tesis llevado a cabo en la Universidad Javeriana de Bogotá, se estudió el cultivo en condiciones controladas del *Pleurotus ostreatus* sobre 3 residuos agroindustriales (capacho de Uchuva, cáscara de Arveja, tusa de Mazorca) y un control que fue el aserrín de Roble, los contenidos de carbono de los residuos, fueron de mayor a menor, Roble (50%p/p), Uchuva (28,31%p/p), Arveja (25,51%p/p) y por último la tusa de Mazorca (18,66%p/p), los residuos fueron triturados mecánicamente para que alcanzaran un tamaño de partícula entre 1,52- 3,35 mm. Se sumergieron durante 12 horas para que alcanzaran una humedad de entre 65 y 75%, cada residuo se empacó en bolsas de polietileno de alta densidad de 15 x 30 cm, se inoculó con 30 g por cada bolsa de 1 kg, se esterilizaron durante 30 min a 20 psi, la Eficiencia Biológica del control estuvo cerca del 70%, el de mayor Eficiencia Biológica fue el de capacho de Uchuva (76,10%), seguido por la cascar de Arveja (68,60%) y por último la tusa de Mazorca (56,70%), ellos concluyeron que con estas datos si es viable el cultivo de la especie sobre algunos de los residuos agroindustriales de mayor cuantía en el país⁸⁴

⁸⁴ HERNÁNDEZ C, Ricardo y LÓPEZ R, Claudia. Evaluación del crecimiento y producción del *Pleurotusostreatus*sobre diferentes residuos agroindustriales del Departamento de Cundinamarca. Presentado como requisito parcial para optar por el título de MICROBIÓLOGO INDUSTRIAL. Santafé de Bogotá: Universidad Pontificia Javeriana, s.f. p. 70-78

➤ **Plagas y enfermedades en el cultivo de hongos comestibles y medicinales.**

Los principales problemas a la hora de cultivar Macromicetos de forma controlada, son la aparición de hongos competidores, según Gaitán - Hernández *et al.* (2002) la aparición de contaminantes se da en la fase de incubación debido principalmente a la mala pasteurización del sustrato, al mal manejo del mismo o a la falta de higiene en el momento de la siembra.⁸⁵ Según RODRÍGUEZ (2005)⁸⁶ en experimentos de cultivo de hongos, se observó contaminación en promedio al octavo día de realizada la siembra. Los hongos encontrados e identificados fueron los siguientes:

Figura 14. Foto sobre hongos contaminantes en el cultivo de hongos. 1. *Aspergillus* spp – 2. *Trichoderma* spp – 3. *Penicillium* spp – 4. *Neurospora* spp



Fuente: JARAMILLO, Carmenza y RODRÍGUEZ, Nelson. Cultivo de hongos medicinales en residuos agrícolas de la zona cafetera. Boletín técnico número 28. Chinchina: CENICAFE. 2005. p.65.

“Estos hongos aparecen en formas de manchas verdes, amarillentas, negras y/o anaranjadas sobre el sustrato, invadiendo de forma rápida y evitando el crecimiento micelial de las setas. Su presencia se ve favorecido por la alta humedad en el ambiente y en el sustrato, así como altas temperaturas, luz directa y mala pasteurización, entre otros”⁸⁷

“La inoculación, incubación y fructificación deben de realizarse en áreas limpias, previamente desinfectadas y en las cuales se evite la presencia de cucarachas, ratas o mascotas que puedan ocasionar daños a los bloques de sustrato. De igual

⁸⁵ GAITAN-HERNÁNDEZ, Rigoberto, et al. Manual práctico del cultivo de setas: Aislamiento, cepas y producción. Xalapa: s.n. 2002. 56 p.

⁸⁶ JARAMILLO. Op. cit. p. 71.

⁸⁷ Ibid., p.37.

manera deben controlarse las condiciones ambientales de cultivo que requieren los hongos, de acuerdo a su género para evitar hongos antagonistas”⁸⁸

4.3.4. Generalidades de Sustratos.El presente proyecto utiliza cuatro sustratos para la siembra del *Pleurotus ostreatus*, uno de ellos (estopa de coco) es un residuo agroindustrial, mientras que los otros tres corresponden a residuos de poda de la planta física de la Universidad Autónoma de Occidente. A continuación se detallan algunas características fisiológicas de los sustratos.

4.3.4.1. Cocos nucifera. La composición del coco varía a medida que éste madura. La grasa constituye el principal componente tras el agua y es rica en ácidos grasos saturados (88,6% del total), por lo que su valor calórico es el más alto de todas las frutas. Aporta una baja cantidad de hidratos de carbono y menor aún de proteínas. Así mismo, el coco es rico en sales minerales que participan en la mineralización de los huesos (magnesio, fósforo, calcio) y en potasio. En cuanto a otros nutrientes, destaca su aporte de fibra, que mejora el tránsito intestinal y contribuye a reducir el riesgo de ciertas alteraciones y enfermedades. El magnesio se relaciona con el funcionamiento de intestino, nervios y músculos, forma parte de huesos y dientes, mejora la inmunidad y posee un suave efecto laxante. El fósforo participa en el metabolismo energético. El potasio es necesario para la transmisión y generación del impulso nervioso, para la actividad muscular normal e interviene en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula. Destaca además su contenido de vitamina E, de acción antioxidante y de ciertas vitaminas hidrosolubles del grupo B, necesarias para el buen funcionamiento de nuestro organismo.⁸⁹ Ver figura 15.

Figura 15. Partes del fruto del Coco



Fuente: QUINTANILLA, Martha. Industrialización de la fibra de estopa de coco. Pasantía para optar Ingeniería Industrial. San Salvador: Universidad del Salvador, 2010. p. 9

⁸⁸ JARAMILLO. Op. cit. p. 66.

⁸⁹ QUINTANILLA, Martha. Industrialización de la fibra de estopa de coco. Pasantía para optar Ingeniería Industrial. San Salvador: Universidad del Salvador, 2010. 432. p.

Según Quintana⁹⁰, en Colombia existen plantaciones en cerca de 15.000 hectáreas, producidas por más de 10.000 familias de pequeños agricultores, que en promedio cultivan entre 1,5 y 2 hectáreas. El cultivo puede durar produciendo hasta cien años, con producción continua durante todo el año. Cada hectárea puede aportar a la familia entre 0,75 y 1 salario mínimo mensual.

En regiones como Tumaco en el Departamento de Nariño, y Timbiquí en el Departamento del Cauca, la producción supera las 20 toneladas por hectárea, mientras el promedio mundial apenas llega a 5 toneladas por hectárea.

El país consume parte de la producción en nuez, y cerca del 70% de la fruta es procesada en el interior del país para la industria de cocos deshidratados y para producción de confitería. Adicionalmente se consume cerca del 70% del coco producido en los países vecinos de Panamá y Venezuela. No obstante, esta industria solamente aprovecha la pulpa, constituyendo cerca del 20% de la fruta. La estopa, la cáscara y el agua muchas veces son desaprovechados, y en gran parte van a parar a los ríos y esteros, o a los basureros y alcantarillas de las ciudades, produciendo problemas ambientales.

la estopa del coco, o mesocarpio, que se encuentra entre el exocarpio duro o cubierta externa, y el endocarpio o envoltura dura, que encierra la semilla; el valor de ésta estriba en su contenido de fibra (fibra bonote), de la cual se pueden distinguir tres tipos principales: una larga y fina, una tosca y una más corta, material que se puede convertir en una alternativa de utilización de materia prima fibrosa, por ejemplo como agregado liviano, en la industria del concreto aligerado, con un doble fin: disminuir el peso de las estructuras y proporcionar un grado aceptable de resistencia⁹¹.

Los componentes principales de la estopa de coco son la celulosa y lignina. Esta última, provee la resistencia y rigidez a la fibra. Se encuentra dentro de la categoría de fibras fuertes igual que el henequén, pita, agave y abacá. Estas características, hacen que la fibra de coco sea un material versátil que puede ser utilizado en cuerdas, colchones, alfombras, cepillos, artesanías, entre otros. También es utilizada en obras civiles, tales como la prevención de la erosión, debido a que ayuda a sujetar el suelo y permite el crecimiento de cobertura vegetal. Un ejemplo de su uso, puede ser observado recientemente, en la zona de “Los Chorros” en El Salvador,

⁹⁰ QUINTANA J, Cesar A. Sector Cocotero en Colombia. [En línea]. Proyectos de Cooperación Internacional, 2012 [Citado el 20 de Octubre del 2012]. Disponible en internet: http://www.agro20.com/group/proyectosdecooperacininternacional/forum/topics/situacion-del-coco-en-colombia?xg_source=activity

⁹¹ QUINTERO, Sandra y GONZÁLEZ, Luis. Uso de fibra de Estopa de Coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. En: Ingeniería y Desarrollo. Universidad del Norte. Julio-Diciembre del 2006. Número 20, p. 134-150.

donde se está utilizando este material en las paredes de contención que se encuentran en las orillas de la carretera.⁹²

4.3.4.2. *Ravenala madagascariensis*. Llamado comúnmente el árbol del viajero o palma del viajero (aunque no es realmente una palma), forma parte de la familia de las *Strelitziaceae*, es una especie introducida en nuestro país. Se denomina palma o árbol del viajero por el hecho de que los viajeros sedientos podían encontrar depósitos de agua en muchas partes de la planta, tales como los folíolos de las hojas, las brácteas de las flores y en el interior de los hoyejos de la base de las hojas, cada uno de los cuales puede almacenar un cuarto de litro de agua.

Es la única especie del género monotípico *Ravenala*⁹³. Esta especie se encuentra en Colombia entre 0 y 1800 m de altura, vive en bosques secos tropicales, bosques húmedos tropicales, bosques húmedos premontanos, y bosques muy húmedos premontanos.⁹⁴

Palma de 15 m de altura y 20 cm de diámetro en el tallo, copa abanicada. Hojas grandes, similares a las del plátano con flores blancas. Esta especie es usada como ornamental en el ornato público y sus hojas se usan para techar viviendas.⁹⁵ Ver figura 16.

Figura 16. Foto de la Palma del Viajero - *Ravenala madagascariensis*



⁹² QUINTANILLA, Marta. Op cit. p. 20. Disponible en internet: <http://ri.ues.edu.sv/431/1/10136579.pdf>

⁹³ *Ravenala madagascariensis*. Wikipedia: La enciclopedia libre. [En línea]. Citado el 27 de Octubre del 2012. Disponible en internet: http://es.wikipedia.org/wiki/Ravenala_madagascariensis

⁹⁴ Mahecha et al, 2004 EN: Red Nacional de Jardines Botánicos. *Ravenala madagascariensis* Sonn [En línea]. 2008. Citado el 27 de Octubre del 2012. Disponible en internet: <http://www.siac.net.co/sib/catalogoespecies/especie.do?idBuscar=1434&method=displayAAT>

⁹⁵ Ibíd., p. 1

4.3.4.3. *Livistona chinensis*. También llamada palmera de abanico china, es una planta con flor dentro del género *Livistona* de la familia de las palmeras (*Arecaceae*). Es una palmera enana muy cultivada en jardinería.⁹⁶

Palmera con estípite más o menos liso y algo anillado cerca de la corona que puede alcanzar de 5 a 9 m de altura y unos 20 a 30 cm de diámetro, ensanchándose gradualmente hacia la base. Su uso es básicamente ornamental para jardines y exteriores. Las hojas de los ejemplares adultos orbiculares miden entre 1 a 1,5 metros de longitud, posee largos foliolos péndulos, nervadura central amarillenta y prominente, dándole un aspecto muy ornamental. El pecíolo mide 1,5 m de longitud, de sección triangular, con dientes espinosos más marcados hacia la base. Inflorescencia naciendo de entre las hojas, de 1,5 m de longitud, con flores de color amarillo crema. Fruto de esférico a ovoide, de unos 2,5 cm de longitud y color verde azulado brillante. Su crecimiento es lento, necesitando aproximadamente 10 años para alcanzar los 5 m de altura.

Figura 17. Foto de la Palma livistona–*Livistona chinensis*



4.3.4.4. Bambú spp. La mayoría de las especies de Bambú existentes en América permanecen sin ser clasificadas. Las especies que más se conocen por su valoreconómico y múltiples aplicaciones son las gigantes. Otras especies interesantes son: el *Neurolepi saperta* o Chúsque de Colombia; el *Bambusaa culeata* de Centroamérica; *Chusque spp.*, de Centro y Sur América que posee un tallo leñoso y el *Bambusa vulgarun* presente en el Caribe.⁹⁷

⁹⁶ *Livistonachinensis*. Wikipedia : La enciclopedia libre. [En línea]. Citado el 28 de Octubre del 2012. Disponible en internet: [http://es.wikipedia.org/wiki/Livistona_chinensis]

⁹⁷ MERCEDES, José. Guía técnica: Cultivo de Bambú. CEDAF. Santo Domingo, 2006. p.9. Disponible en línea: [<http://www.cedaf.org.do/CENTRODOC/EBOOK/BAMBU.PDF>]

Las características⁹⁸ que hacen a los bambúes diferentes del resto de las gramíneas, son las siguientes:

Tienen hábito perenne; Los rizomas generalmente se presentan bien desarrollados; Los tallos o culmos son siempre lignificados y fuertes; Las hojas presentan un pseudopécíolo; El antecio presenta tres lodículas; El período de floración puede tomar muchos años, en algunas especies más de cien años. La Fig. 1., tomada de Dimitri, M. J, (1978) describe algunas de las características típicas del bambú.

La subfamilia *Bambusoideae* comprende dos tribus: las *Olyreae* que incluye todos los llamados “bambúes herbáceos” y que no presentan las características antes mencionadas; y la tribu, *Bambuseae*, son los denominados bambúes verdaderos o simplemente bambúes. Los bambúes poseen dos características biológicas que los hacen ser plantas extraordinarias: la floración y su rápido crecimiento. Es bien difundido que algunas especies de bambú pueden llegar a crecer 1,25 m cada 24 horas, y esto se ha observado experimentalmente en una de las especies más utilizadas como ornamental en el mundo que es *Phyllostachys bambusoides*, no obstante, también existen especies que tardan muchos años en crecer hasta llegar a ser plantas adultas.⁹⁹

Lastimosamente no se pudo encontrar información sobre la correcta taxonomía de esta especie, sus usos económicos o su distribución en el territorio regional o nacional. La especie usada en la investigación está en la foto 18.

Figura 18. Foto del *Bambú spp.*



⁹⁸Ibid., p. 12. Disponible en línea: <http://www.cedaf.org.do/CENTRODOC/EBOOK/BAMBU.PDF>

⁹⁹Ibid., p. 12. Disponible en internet: <http://www.cedaf.org.do/CENTRODOC/EBOOK/BAMBU.PDF>

4.3.4.5. Generalidades del sorgo–*Sorghum vulgare*. Según Ibar (1987), el sorgo es una planta herbácea, de tallos recios, nudosos y con entrenudos huecos, es de crecimiento anual y la mayoría de las veces provista de rizoma, tiene una altura de 1 a 2 metros.¹⁰⁰

Las raíces son adventicias, fibrosas y desarrollan numerosas raíces laterales; la profusa ramificación y amplia distribución es la razón por la que presenta resistencia a la sequía. La planta puede permanecer latente durante largos períodos de sequía sin que las partes florales en desarrollo se mueran; continuando su crecimiento cuando las condiciones ambientales le sean favorables.

Posee un tallo cilíndrico, erecto, sólido y puede alcanzar alturas desde 0,5 - 5 m de longitud, el cual está dividido en nudos y entrenudos, variando en número según la variedad. El tallo presenta un número de hojas comprendido entre 5 - 24; están provistas de una vaina más larga que los entrenudos a los que cubre y rodea completamente; la vaina termina en una corta lígula membranosa y el limbo de la hoja es de forma lanceolado-acintada y de una longitud comprendida entre 30 - 100 cm.¹⁰¹

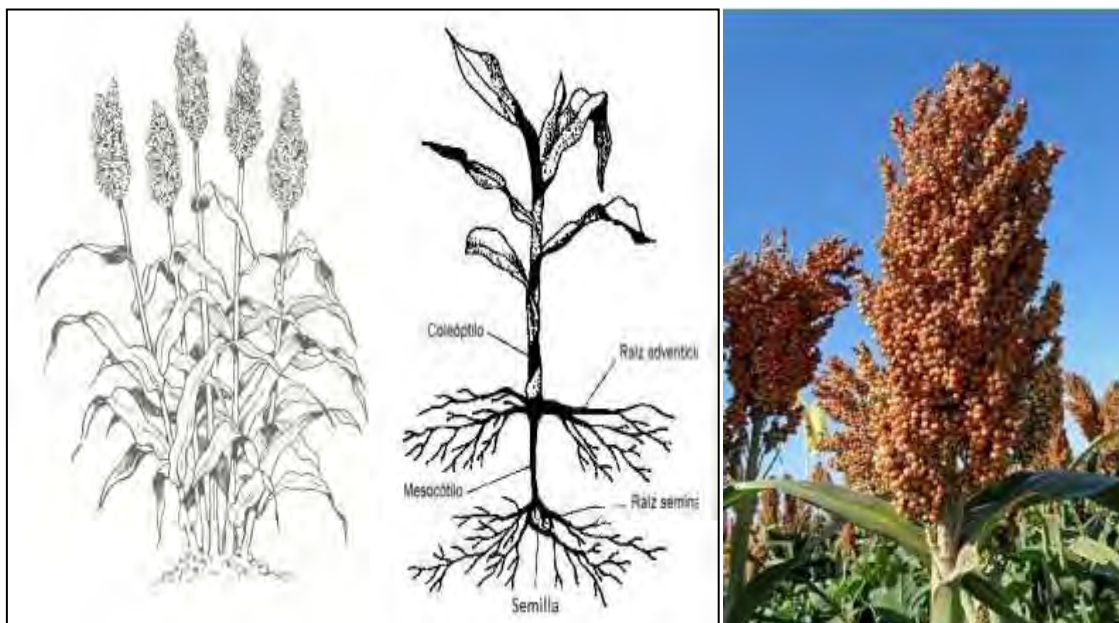
El grano de sorgo varía en el color que va desde el blanco a tonalidades oscuras de rojo y pardo, pasando por el amarillo pálido, hasta pardo púrpura profundo. Los colores más comunes son el blanco, el bronce y el pardo. Los granos son por lo general esféricos, pero varían en dimensión y forma. La cariopsis puede ser redondeada y con puntas romas, de 4-8 mm de diámetro. El peso de 1 000 granos de sorgo tiene un amplio margen de variación, de 3 a 80 g, pero en la mayoría de las variedades va de 25 a 30g. El grano está cubierto parcialmente de glumas. Para el consumo humano se suelen preferir los granos largos con endospermo corneo. El endospermo amarillo con caroteno y xantofila aumenta el valor nutritivo del cereal. El grano de sorgo con testa contiene tanino en diversas proporciones según la variedad.¹⁰² Ver la Figura 19.

¹⁰⁰ VALLADARES, Cesar. Taxonomía y Botánica de los cultivos de grano [En línea]. Universidad Autónoma de Honduras, 2010. [Citado Abril del 2013]. Disponible en línea: <http://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/unidad-ii-taxonomia-botanica-y-fisiologia-de-los-cultivos-de-grano-agosto-2010.pdf>

¹⁰¹ Ibid., p. 13

¹⁰² Ibid., p. 14

Figura 19. Planta de sorgo y sus partes



Fuente: VALLADARES, Cesar. Taxonomía y Botánica de los cultivos de grano [En línea]. Universidad Autónoma de Honduras, 2010. [Citado Abril del 2013]. Disponible en línea: <http://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/unidad-ii-taxonomia-botanica-y-fisiologia-de-los-cultivos-de-grano-agosto-2010.pdf>

➤ **Sorgo en Colombia y el Mundo.** El desarrollo del cultivo de sorgo se inicia en forma comercial a partir del año 1957, cuando se conocen los resultados del comportamiento de los primeros híbridos ensayados por la industria de semillas en la Costa Atlántica. En 1960 se registran 2.800 hectáreas áreas sembradas de sorgo en Colombia, pero es a mediados de los años sesenta donde se consolida la producción de este cereal en zonas como Tolima y Valle del Cauca. En la Tabla 3 se registran las cifras correspondiente a superficie sembrada, rendimiento y producción de las últimas dos décadas. Fue en 1982 en donde se alcanzó la mayor área sembrada (299.700 Has) y en 1990 cuando se logró la mayor producción (762.000 Ton.)¹⁰³

¹⁰³ Federación Nacional de Cerealistas de Colombia (FENALCE). El cultivo del sorgo, historia e importancia [En línea]. Junio del 2010. [Citado abril del 2013]. Disponible en internet: http://www.fenalce.org/arch_public/sorgo93.pdf

Tabla 3. Producción nacional de Sorgo

Producción Nacional de Sorgo			
AÑO	Has.	t/h	Tons.
1960	2.800	2.250	6.300
1970	53.600	2.200	118.000
1980	206.000	2.090	430.500
1982	299.700	2.04	610.000
1990	251.624	3,031	762.672
2000	57902	3,222	186.561
2009	26.870	3,910	105.023

Fuente: Federación Nacional de Cerealistas de Colombia (FENALCE). El cultivo del sorgo, historia e importancia [En línea]. Junio del 2010. [Citado abril del 2013]. Disponible en internet: http://www.fenalce.org/arch_public/sorgo93.pdf

A nivel mundial (Tabla 4) el cultivo de sorgo es el cuarto cereal sembrado en el mundo, después del arroz, trigo y maíz. La producción mundial alcanza los 63 millones de toneladas. Los principales productores son Nigeria, Estados Unidos, India y Méjico, ahora a nivel mundial su principal uso es para la elaboración de alimentos concentrados para animales de corral.¹⁰⁴

Tabla 4. Producción mundial de Sorgo

Producción Mundial de Sorgo						
MILES DE TONELADAS METRICAS						
País	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11 (Mayo)
Argentina	2.328	2.795	2.937	1.660	3.850	3.800
Australia	1.929	1.283	3.790	2.690	1.600	1.700
Brasil	1.543	1.500	2.000	1.910	1.825	2.000
Burkina	1.553	1.516	1.507	1.875	1.684	1.800
China	2.546	2.183	1.920	1.837	1.650	1.700
Egipto	900	900	900	900	900	900
Etiopia	2.174	2.316	2.659	2.619	2.084	2.600
Union Europea	489	542	525	516	629	619
India	7.630	7.150	7.930	7.310	6.770	7.500
Mali	629	770	901	930	950	925
Mejico	5.500	5.810	6.200	7.067	6.500	7.000
Niger	750	800	930	1.214	739	900
Nigeria	10.500	10.500	10.000	11.000	11.500	11.700
Sudan	4.275	5.200	4.500	4.192	2.630	4.000
Tanzania	890	850	900	700	620	850
Otros	6.042	6.398	6.210	6.300	6.299	6.415
Sub total	49.678	50.513	53.809	52.720	50.230	54.409
Estados Unidos	9.976	7.032	12.636	11.998	9.728	9.017
Total Mundo	59.654	57.545	66.445	64.718	59.958	63.426

Fuente: Federación Nacional de Cerealistas de Colombia (FENALCE). El cultivo del sorgo, historia e importancia [En línea]. Junio del 2010. [Citado abril del 2013]. Disponible en internet: http://www.fenalce.org/arch_public/sorgo93.pdf

¹⁰⁴Ibid., p. 21

5. METODOLOGÍA

En los métodos y materiales encontrados en la bibliografía sobre el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*, se evidencia que las similitudes entre diferentes procesos de autores de diferentes nacionalidades son muchas; existen cambios acerca de la disponibilidad de algunos sustratos, equipos y/o materiales, ya que algunos son mucho más sofisticados que otros, o de lugares de preparación, siembra y beneficio, pero en general las condiciones, fórmulas de sustratos y métodos de preparación del medio del cultivo, multiplicación del material biológico, entre otros, son muy similares. Teniendo en cuenta esto se han modificado algunos parámetros de las metodologías establecidas para que se acoplen a la disponibilidad de materiales y equipos disponibles en este proyecto.

La investigación se llevara a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Occidente, Cali-Colombia en el laboratorio de Micro-propagación y en las instalaciones de Villa Laurentino.

5.1 PASOS METODOLÓGICOS DEL CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus*

Para la realización del proyecto se tomó como base la metodología utilizada por el Instituto de Ecología de Xalapa, México, a la cual se le realizaron ajustes necesarios acerca de la disponibilidad de materiales, condiciones locales y equipos disponibles, los pasos son mostrados a continuación:

1. Selección y determinación de la cepa¹⁰⁵ a emplear.
2. Crecimiento de micelio sobre un medio nutritivo sólido (PDA).
3. Inoculación del micelio sobre granos “carrier”. Producción subsiguiente de generaciones de “spawn” o blanco de hongo.
4. Recolección, picado y descontaminación (pasteurización) de los sustratos.
5. Inoculación del sustrato descontaminado.
6. Embolsado y colocación de las bolsas en cuartos de “corrida” del micelio (oscuridad, temperatura y humedad determinadas).
7. Perforación de bolsas y traslado a sala de fructificación (luz, temperatura y humedad determinada, recambio de aire).
8. Crecimiento y Cosecha.
9. Análisis bromatológicos de frutos, análisis y comparación de resultados, análisis estadístico.

¹⁰⁵ Cepa se denomina al micelio de un hongo (forma algodonosa) que se desarrolla sobre un medio de cultivo nutritivo. Fuente. GAITAN-HERNÁNDEZ, Rigoberto, et al. Manual práctico del cultivo de setas: Aislamiento, cepas y producción. [En línea]. Xalapa: s.n. 2002. 56 p. [Consultado el 15/10/2012] .Disponible en línea: [\[http://fagsol.com/descargas/hongos/documentos/manual_setas...ok.pdf\]](http://fagsol.com/descargas/hongos/documentos/manual_setas...ok.pdf)

5.2 HIPÓTESIS

- La productividad del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* es igual en todas las formulaciones de los sustratos.
- Las relación Carbono/Nitrógeno de todas las formulaciones afectaran igual la producción de frutos del *Pleurotus ostreatus*

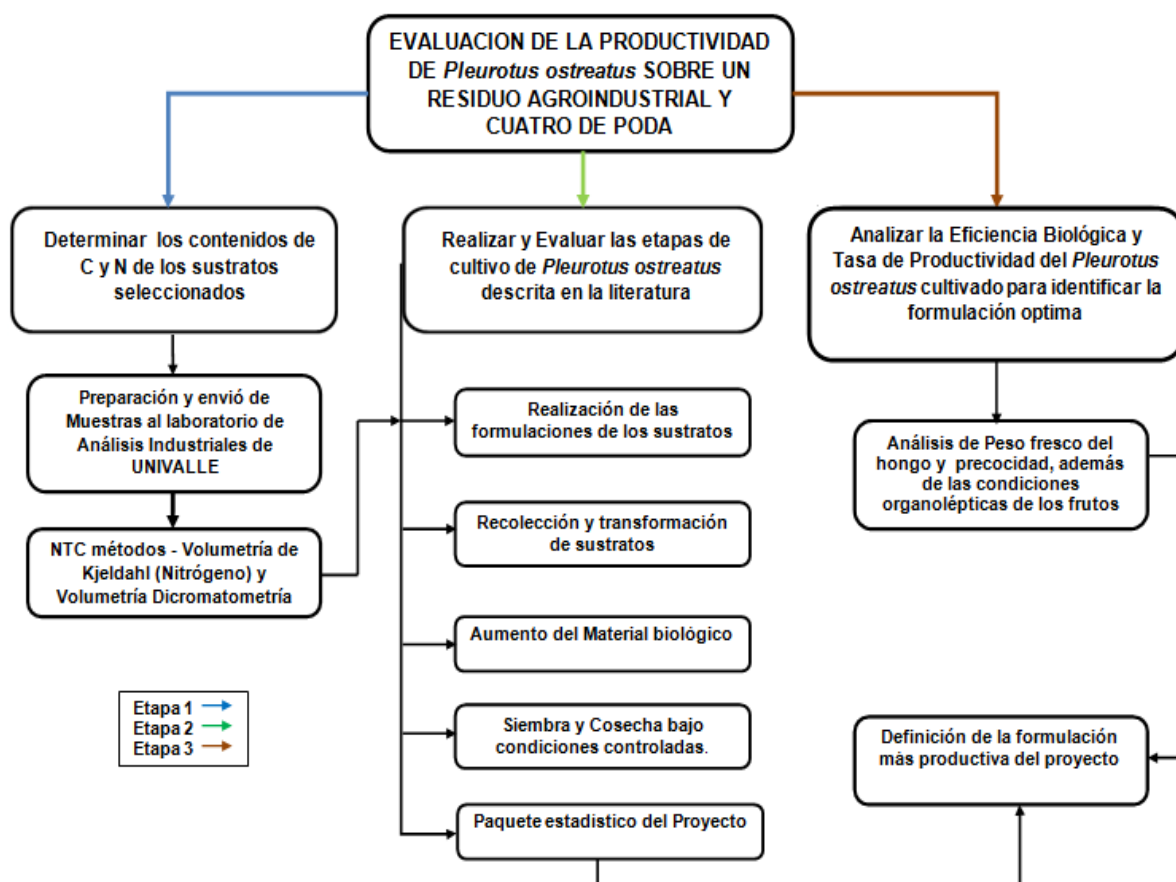
Ho: $F_1=F_2=F_3....=F_{total}$.

Ha: $\Sigma F \neq 0$

5.3 ENFOQUE METODOLÓGICO

El proyecto se elaboró bajo procesos conocidos en la literatura científica, los cuales se cumplieron por etapas (Ver planteamiento metodológico), se inició el trabajo de campo en la búsqueda y preparación de los residuos (sustratos), preparación del medio en el cual crece el micelio, inoculación de semilla, pasteurización y siembra en sustratos, cosecha, análisis de los cuerpos fructíferos. Basándose en esto se ha elaborado la siguiente metodología a seguir:

Figura 20. Planteamiento Metodológico



5.3.1. Etapa 1: Relación Carbono/Nitrógeno. Se realizó el análisis a los diferentes sustratos a usar durante la investigación, se recolectaron muestras de los 4 sustratos y se adecuaron para su entrega, los tres (3) residuos de poda se cortaron de manera manual en cuadros de 1cm²aproximadamente, se secaron a temperatura ambiente durante 1 día, promedio de 28°C y bastante radiación solar; se recolectaron 500 g de cada sustrato en bolsas limpias marca ZIPLOC, el residuo agroindustrial (estopa de coco) se deshilacharon y seleccionaron 500 g que se empacaron en una bolsa limpia igual que los otros.

Las muestras se llevaron al laboratorio de Análisis Industriales de la Universidad del Valle, donde se determinó el Nitrógeno Total como N en % (m/m) y el Carbono Orgánico Total en %(m/m), esto según las Normas Técnicas Colombianas NTC 370 y NTC 5167 respectivamente.(Ver Anexos)

5.3.2. Etapa 2: Formulaciones de los sustratos.Después de la obtención de los análisis a los cuatro sustratos en busca de sus niveles de Nitrógeno y Carbono Orgánico Total, y teniendo en cuenta la disponibilidad después de la poda de los jardines de la Universidad de cada uno de ellos, se realizaron unos cálculos con la ayuda de los profesores Julio Cesar Molina Bastidas y Julio Cesar Wilches Rodríguez, docentes investigadores de la Universidad Autónoma de Occidente.

Se hicieron los cálculos gracias a un programa de Excel en los que los pesos totales de las concentraciones de carbono y nitrógeno de cada formulación se dividieron entre sí para obtener la relación C/N. Las formulaciones quedaron de la siguiente forma.

Tabla 5. Formulaciones de los sustratos

FORMULACIONES DE LOS SUSTRATOS					
SUSTRATOS	F. 1	F. 2	F. 3	F. 4	% humedad
	% peso seco	% peso seco	% peso seco	% peso seco	
Estopa de Coco	40	50	32	0	8,98
Hoja de palma del viajero	25	22	45	70	29,85
Hoja de palma Livistonia	35	28	0	25	45,98
Hoja de Bambu	0	0	23	5	41,17
TOTAL	100	100	100	100	
Relación C/N	81,2117	78,4591	80,6099	67,5098	

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2.1. Recolección y preparación de sustratos. La recolección de sustratos se realizó en dos lugares diferentes, el primero fue en el galería Alameda, donde se contactó a la señora Astrid Perea, vendedora de agua de coco y de coco, se le compró un costal de cáscara y estopa de coco por \$5000 pesos, esta cantidad fue

suficiente para la realización total del proyecto, el resto de sustratos derivados de la poda de jardines de la universidad Autónoma, se obtuvieron con la ayuda del jardinero Elías Balanta.

La preparación de la estopa de coco bastó solo deshilacharla, esto debido a que el coco ya estaba pelado para la extracción de su copra y agua. En la poda de las palmeras fue necesario el uso de una escalera, guantes, tijeras de jardinería y machete, se seleccionaron las palmeras secas y caídas de las plantas, para la obtención de las hojas del Bambú, solo fue necesario un par de guantes, ya que las hojas secas se encontraban dispuestas en el suelo alrededor de la planta de Bambú, contigua al parqueadero de docentes detrás de Ala Sur del campus.

Las hojas de las palmas primero se cortaron de manera mecánica con una picadora con motor Honda GX de 2000 RPM, esto debido a su dureza y gran tamaño, el sustrato picado de manera mecánica después se picó de manera manual con tijeras de jardinería, esto para que alcanzara un tamaño entre 1cm y 2cm aproximadamente, necesarios para el cultivo de hongos. Las hojas de Bambú también se picaron manualmente para alcanzar el mismo tamaño de las hojas de palma. Después de su respectivo picado y deshilache, los sustratos se dejaron 12 horas día a la intemperie a temperatura ambiente (28° aproximadamente), esto para su secado.

5.3.2.2. Aumento del material biológico. Estas actividades se realizaron en su totalidad en el laboratorio de Micro propagación de la Universidad Autónoma de Occidente, como uno de los principios básicos para obtener éxito en el cultivo de hongos es la asepsia.

Dentro de este proceso de asepsia se inició la limpieza manual del lugar, para esto se diluyó una tapa de Hipoclorito de Sodio en 800ml en un balde y se trapeó con esa solución, el resto del laboratorio se limpió con paños desechables y alcohol al 96%. Los utensilios usados en la multiplicación del material biológico como cajas de Petri, tubos de ensayo, azas de platino, un matraz Erlenmeyer y mezcladores de vidrio se coloraron en un Autoclave ALL AMERICAN Modelo 250X de 120 voltios, se esterilizaron a 15 PSI durante 15 minutos y se dejaron reposar durante 24 horas dentro del autoclave. Todo esto se realizó a una temperatura de 23,9°C y una humedad relativa de 70%.

Figura 21. Foto sobre limpieza y esterilización de implementos y laboratorio



En la preparación del medio de cultivo se usaron 19,5 gramos de PDA (Potato Dextrose Agar) pesados con una Balanza Precisa XB 6200Dy se disolvieron en 500 mL de agua destilada dentro de un matraz previamente esterilizado, el matraz se calentó al baño maría dentro de una olla esmaltada en una estufa eléctrica, la solución se calentó y agitó con varilla de vidrio durante 4 o 5 minutos hasta su homogenización.

Figura 22. Foto sobre Preparación del medio de cultivo PDA en el laboratorio de micropropagación



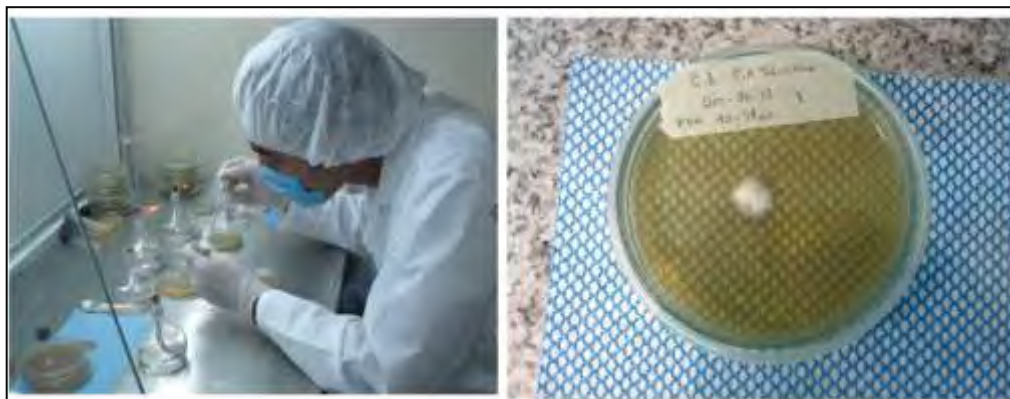
Posterior a esto se dejó enfriar el matraz a una temperatura de 39-40° C, y con asepsia total se vertió la mezcla en los tubos de ensayo y cajas de petri, los cuales estaban esterilizados, esto se realizó dentro de la cámara de flujo laminar encendida, junto a mecheros de alcohol para minimizar el riesgo de contaminación del medio de cultivo con otros patógenos y hongos que competirían con el hongo a inocular. Después de vertido el PDA dentro de las cajas de petri, estas se sellaron con papel para film, mientras que los tubos de ensayo se cerraron con la tapa de rosca o con algodón y se ajustaron con papel para film, estos se dejaron inclinados en la cámara hasta que se solidificó el medio de cultivo.

Figura 23. Foto del vertimiento del PDA en cajas petri y tubos de ensayo



Posteriormente éstos fueron inoculados con cepa del Hongo *Pleurotus ostreatus*, donada por CENICAFÉ, almacenada en la nevera del laboratorio de Micropropagación, en un tubo de ensayo. Con un aza de platino se separaron fragmentos de 1cm² aproximadamente, y se depositaron sobre las superficies de los medios de cultivo lo más centrado posible, esto se realizó dentro de la Cámara de flujo Laminar encendida junto con los mecheros de alcohol. Previamente se realizó el aseo general a los pisos y a los diferentes objetos del laboratorio, de la misma forma como se explicó anteriormente, después de realizada la inoculación, se procedió a sellar y a marcar las cajas y tubos de ensayo con el nombre de la persona que realizó la actividad, fecha y hora, especie usada y medio de cultivo. Después se incubaron en una cámara de madera, en total oscuridad a 24°C y con una concentración de 745 ppm de CO₂.

Figura24. Foto de la Inoculación del medio de cultivo



➤ **Preparación de semilla o “Blanco del Hongo”.** Para esta parte de la metodología se inicia comprando Sorgo común en cualquier cadena de mercado, se compraron 4 kg (8 bolsas x 500 g), se lavaron varias veces para remover semillas malas e impurezas, se quitaron las que flotaban, semillas de otras especies, mal color, entre otras. Después de esto se dejaron en remojo en agua a temperatura ambiente durante 28 horas para absorción de humedad beneficiosa para el micelio del hongo.

Después de las 28 horas, se separó una muestra para realizar análisis de humedad, se usó un analizador de humedad marca PRECISA, modelo XIM60, serie 99677, la muestra fue de 0,996 g, se analizó a una temperatura de 105°C durante 54,6 minutos, los resultados arrojaron una humedad del 68,42%, esto equivale a que la humedad del sorgo en gramos es de 0,676 del total de la muestra.

Posteriormente con la ayuda de un cernidor se remueve el exceso de humedad al sorgo y se procede a empacar en bolsas de 250 y 500g de sorgo, para esto se hizo uso de bolsas transparentes de polipropileno de 16 x 50 cm resistentes al calor, después del llenado se depositaron en el autoclave para su esterilización, a 15 PSI durante 15 minutos, después de este tiempo de dejaron enfriar a temperatura ambiente para su previa inoculación.

Consecutivamente se llevaron las bolsas con sorgo esterilizadas, las cajas de Petri con la cepa de mejores características, mecheros y herramientas a la cámara de flujo laminar para la inoculación, las cajas de petri se fragmentaron en partes de aproximadamente 1 o 1,5cm², y se depositaban dentro de las bolsas con el sorgo, y se repetía entre 2 o 4 veces por bolsa para mayor colonización en menor tiempo, después de realizar esta actividad con todas las bolsas se dobló la boca de la bolsa y se selló con cinta adhesiva, en la cinta se rotuló datos como fecha y hora, persona que realizó la inoculación, especie de hongo usada y semilla inoculada. Se incubó dentro de bolsas negras para aumentar la temperatura y dar mayor oscuridad

dentro la incubadora de madera, la colonización total del sorgo se dio óptimamente después de 2 meses de realizada la inoculación.

Figura 25. Foto de la Inoculación del sorgo y preparación del “Blanco del hongo”



5.5. SIEMBRA, EMPACADO Y ALMACENAMIENTO DE LAS BOLSAS

Después de tener listo los sustratos en cuanto a tamaño y cantidad se dejaron en remojo totalmente sumergidos durante 48 horas en agua a temperatura ambiente, después de esto se colgaron y se dejó escurrir el exceso de agua durante 15 horas.

Figura 26. Foto del Remojo de los sustratos



Se tomó una muestra del agua donde se realizó la inmersión para averiguar el pH, esta dio un resultado de 7,43 y fue tomado con un peachimetro marca HANNA.

Figura 27. Foto de la Observación del pH de las muestras de aguas residuales después del remojo y después de la pasteurización de los sustratos



El siguiente paso fue el de pasteurización, este se realizó el 26 de Febrero del 2013, los sustratos se depositaron en costales de fibra previamente marcados con el sustrato de su interior, se introdujeron en agua a 80°C durante una hora y media (90 minutos), esto para eliminar posibles patógenos presentes en los sustratos, se decidió por esta temperatura porque es suficiente como para eliminar patógenos pero no como para modificar químicamente los contenidos de Carbono, Nitrógeno u otros agentes de las plantas beneficiosos para el hongo, esto se hizo en dos (2) ollas metálicas grandes sobre dos(2) parrillas a gas , posteriormente se dejaron escurrir 24 horas, después de la pasteurización se volvió a tomar una muestra del agua residual para medir su pH, la cual fue de 6,84, lo que está dentro de niveles de pH adecuados para cultivo de hongos. Después de este tiempo se tomaron 4 muestras para realizar análisis de humedad, se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 6. Análisis de humedad en sustratos

Sustratos	Tamaño de la Muestra (humedad en g)	% humedad	Humedad final en g	Analizador de Humedad - PRECISA XM60
Estopa de coco	1,022	8,98	0,09	
Hoja de palma del viajero	0,969	29,85	0,298	
Hoja de palma Livistona	0,918	45,98	0,422	
Hoja de Bambú	0,904	41,17	0,339	

Figura28. Foto del analizador de Humedad – Precisa



Cuando los sustratos ya habían escurrido se realizó el embolsado e inoculación con el sorgo colonizado o “Blanco del hongo”. El 28 de febrero de 2013 se realizaron 5 formulaciones, por cada formulación se realizaron 9 repeticiones, se realizaron 9 bolsas de 1kg cada una, a cada bolsa se le agrego el 4% de sorgo colonizado, es decir que por cada bolsa de 1 kg de sustrato se le adiciono 40 g de sorgo. En total se elaboraron 45 bolsas de 1 kg, para toda la elaboración se hizo uso de 4.450 kg de Bambú, 10.980 kg de Estopa de Coco, 12.6 kg de Palma de Viajero y 7.920 kg de Palma Livistona, sumado a esto se uso 1, 440 kg de sorgo colonizado.

Cada una de las formulaciones se separó y se mezcló manualmente hasta su homogenización, después se empacaron en bolsas plásticas transparentes de 16 x 50 cm, se llenaron por capas alternando 3 de sustratos con 3 de sorgo, esto para que el hongo pueda colonizar desde todas las partes de la bolsa, después se cerró la bolsa y se amarro con cordones de distintos colores para poder diferenciar las formulaciones unas de otras, esto se realizó en el laboratorio de micro propagación a una temperatura de 23,9°C y una humedad relativa del 60%.

Figura29. Foto sobre la Pasteurización y ensacado de los sustratos



Ya terminado el embolsado de todas las formulaciones, se procedió a realizar agujeros con la ayuda de un aza de platino esterilizado, este se calentó con un mechero de alcohol hasta el rojo, se realizaron entre 3 y 4 perforaciones muy pequeñas por bolsa, esto para permitir una mejor respiración e intercambio de CO_2 .

Figura 30. Foto de la Perforación a las bolsas con aza de platino



Después se trasladaron al laboratorio de Bioprocesos, ubicado en el sótano 1 de la Universidad, en donde se dejaron en total oscuridad, con ayuda de bolsas negras se cubrieron las ventanas para evitar la entrada de luz natural, en cambio la puerta de entrada se cubrió con papel para evitar la entrada de luz artificial provenientes de otras partes del laboratorio.

Después de evidenciar carpóforos¹⁰⁶ en la mayoría de la bolsas y después de ver la gran colonización del micelio en casi todas las bolsas de diferentes formulaciones, se trasladaron al lugar de fructificación, se llevaron en bolsas plásticas previamente aseadas con alcohol al 96% para evitar infecciones y con cuidado de no dañar los carpóforos más desarrollados, se trasladaron en automóvil hasta el corregimiento de Pance, a unos 13 km desde la Universidad San Buenaventura, en este lugar se construyó una especie de invernadero de 2 x 1,80 x 2,20 metros, se usó Guadua, Bambú, alambre dulce y puntillas, se cubrió en totalidad con Polisombra al 63%, suficiente para una buena circulación de aire y permitir la entrada de luz en las horas del día, en el techo de la estructura se colocó un plástico transparente de grado 5 de grosor para evitar que las bolsas se mojen con la lluvia, después de terminada la estructura se impregno de hipoclorito de sodio al 5,25%, y se esparció Cal al suelo dentro de la estructura y a los alrededores para ahuyentar insectos u otras especies que pueden infectar el cultivo. Dentro del invernadero se construyeron 2 estantes donde se colocaron las bolsas inoculadas, separadas las unas de las otras por aproximadamente 15 cm.

Figura31. Foto del Invernadero o almacén de fructificación



¹⁰⁶ Sombrero carnosos que se forma al desarrollarse la Seta. En: GUARIN, Joel y RAMÍREZ, Andrés. Estudio de factibilidad técnico-financiero de un cultivo de hongo *Pleurotus ostreatus*. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial. Santafé de Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. Departamento de Industrial. 2004. p. 7.

5.6. COSECHA Y TOMA DE DATOS SOBRE CUERPOS FRUCTÍFEROS

En el proyecto se tomaron datos sólo de la primera cosecha, se separaron las bolsas por formulación, usando cordones de colores, de manera que cordón de color blanco/rojo identificaba a la formulación 1, el cordón verde/amarillo la formulación 2, amarillo/azul la formulación 3 y el cordón de cabuya la formulación 4. Se midieron y contaron los hongos que tenía cada bolsa, estos se extrajeron de manera manual de las bolsas girando el pie de forma circular hasta sacarlos del sustrato, después se pesaron en una balanza, para hacer los cálculos sobre eficiencia biológica y tasa de productividad.

5.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

5.7.1. Diseño del experimento: Definición de Factores, niveles y tratamientos. Los factores, niveles y tratamientos que se definen para el problema se muestran en la tabla 5.

Tabla 7. Factores, niveles y tratamientos

<i>Factor</i>	<i>Formulación del sustrato</i>
<i>Niveles del Factor = Tratamiento</i>	<ul style="list-style-type: none">• F. 1 (Estopa de coco 400 g, palma del viajero 250 g y palma Livistona 350 g)• F. 2 (Estopa de coco 500 g, palma del viajero 220 g y palma Livistona 280 g)• F. 3 (Estopa de coco 320 g, palma del viajero 450 g y Bambú 230 g)• F. 4 (Palma del viajero 700 g, palma Livistona 250 g y Bambú 50 g)

➤ **Unidad Experimental.** Las unidades experimentales son las bolsas de polietileno homogéneas, puesto que dentro de estas se depositó los tratamientos (formulaciones de sustratos).

➤ **Variables de respuesta.** Las variables de respuesta con la cual será medido el efecto de los tratamientos en las unidades experimentales, son: La eficiencia biológica y La tasa de productividad (Ver marco teórico –Tecnologías en el cultivo).

- **Repetición de los experimentos.** Cada tratamiento se realizó de manera independiente 9 veces a excepción de la formulación F.3 la cual se realizó 6 veces debido a que esta formulación presentó problemas de infección. Se realizaron este número de repeticiones debido a costos y tiempo de los ensayos.
- **Aleatorización.** Los 4 tratamientos se asignan al azar a cada una de las unidades experimentales, (tabla 6) esto es, cada sustrato se asignó de manera aleatoria a las bolsas.

Tabla 8. Aleatorización de los tratamientos

Aleatorización de los tratamientos			
4	3	4	4
1	1	1	4
2	3	1	1
3	3	2	4
1	1	2	2
4	3	3	4
2	3	2	3
2	2	1	1
4	4	3	2

- **Modelos de diseño.** Debido a que las unidades experimentales son homogéneas, la asignación de tratamientos se realiza al azar y sus condiciones externas están controladas, por las características de esta investigación ajusta a un Diseño Completamente al Azar de efectos fijos y desbalanceado.

El modelo matemático y cada una de sus componentes:

$$Y_{ij} = \mu + Z_i + \epsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, 3, 4 \quad j = 1, 2, \dots, 9$$

Donde, Y_{ij} : es la variable respuesta tomada bajo la j-exima replica que ha sido expuesta al i-eximo nivel de formulación. μ : Parámetro de centralidad o efecto medio general. Z_i : Efecto del i-eximo nivel de formulación. ϵ_{ij} : Efecto debido al error experimental, por efectos no controlados o no controlables.

Supuesto sobre el error:

$$\epsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2), \text{ con } \sigma^2 \text{ constante}$$

$$\text{Cov}(\epsilon_{ij}, \epsilon_{i'j'}) \forall i \neq i'; j \neq j'$$

Estos deben ser inicialmente probados, para poder utilizar el modelo propuesto. Estos fueron validados satisfactoriamente como se evidencia a continuación:

- Validación de supuestos (Modelo 1: Para la variable de respuesta eficiencia biológica)

1. Los errores se distribuyen normal, con media cero y varianza s^2 . Se aplicó la prueba de Kolmogorov Smirnov y se halló que con un nivel de significancia del 0.15 no hay evidencia de no normalidad y que efectivamente la media es cero ($5.7866 \cdot 10^{-16}$).

2. Homogeneidad de Varianza

$$H_0: \text{Varianzas Homogéneas}$$

$$H_1: \text{Varianzas no Homogéneas}$$

Test statistic	p-value
0.34	0.797

El Test de Levene arrojó un *p-valor* mayor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), por tanto se puede concluir que hay homogeneidad de varianza para todos los tratamientos.

- Validación de supuestos (Modelo 2: Para la variable de respuesta tiempo de productividad)

1. Los errores se distribuyen normal, con media cero y varianza s^2 . Se aplicó la prueba de Kolmogorov Smirnov, y se halló que con un nivel de significancia del 0.15 no hay evidencia de no normalidad y que efectivamente la media es cero ($2.422 \cdot 10^{-16}$).

2. Homogeneidad de Varianza

$$H_0: \text{Varianzas Homogéneas}$$

$$H_1: \text{Varianzas no Homogéneas}$$

Test statistic	p-value
0.34	0.797

El Test de Levene arrojó un *p-valor* mayor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), por tanto se puede concluir que hay homogeneidad de varianza para todos los tratamientos.

Las hipótesis asociadas al modelo de análisis de varianza:

1. Hipótesis de efectos principales

$$H_0: Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z_4 = Z \quad \text{vs.} \quad H_a: Z_i \neq Z_{i'} \quad \forall i \neq i'$$

Los cálculos asociados al modelo de análisis de varianza y pruebas post anova se llevaron a cabo en el paquete estadístico Minitab 16.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y ESTADÍSTICO DE RESULTADOS

Según lo estipulado en el primer objetivo, se realizaron análisis químicos para hallar los contenidos de Carbono y Nitrógeno de los sustratos seleccionados en el proyecto, a continuación se mostrara lo que se encontró con los análisis.

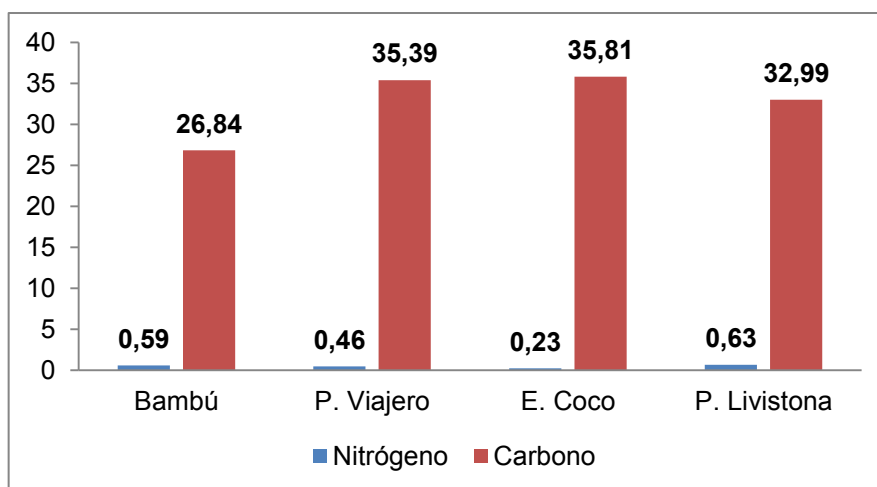
6.1.1. Contenidos de Carbono y Nitrógeno de los residuos seleccionados. Los contenidos de Carbono y Nitrógeno analizados en los sustratos escogidos para el proyecto, están dentro de los requerimientos del *Pleurotus ostreatus*, los contenidos de Carbono en los cuatro sustratos poseen niveles altos (Ver Gráfico 5), el de mayor contenido de Carbono fue la Estopa de Coco, con un contenido de 35,81 %, seguida muy de cerca por la Palma del Viajero, con un 35,39%, en tercer lugar está la Palma Livistona, con concentraciones de 32,99% y por último las hojas de Bambú *spp* con un 26,84.

Los contenidos de Carbono en grandes cantidades son importantes para el hongo, ya que es la fuente directa de energía para su metabolismo y es necesario para la formación de diferentes partes y estructuras celulares, dado la importancia para la vida de las células, este es el elemento que el hongo requiere en mayores cantidades¹⁰⁷, los contenidos de Nitrógeno fueron los siguientes: en la Palma Livistona se determinó un 0,63%, la segunda en cantidad fue la Hoja de Bambú con un 0,59%, después estuvo la Palma del Viajero con 0,46% y por último la Estopa de Coco con 0,23%. Se cree que esta especie es capaz de fructificar sobre sustratos muy pobres en Nitrógeno, por lo que se piensa que es capaz de fijar nitrógeno de la atmosfera, sin que esto se haya demostrado, si resalta el que a veces las concentraciones de Nitrógeno es mayor en los cuerpos fructíferos que la de los sustratos sobre el cual crece¹⁰⁸.

¹⁰⁷MARTÍNEZ, Jesús. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* en el Valle de el fuerte, Sinaloa: Una alternativa de aprovechamiento de esquilmos agrícolas [En línea]. Tesis para la obtención del grado de Doctor en Ciencias. Mochicahui : Universidad Autónoma indígena de México. 2012, p. 24. Disponible en internet: <http://uaim.edu.mx/cgip/PDF/TESIS-JESUS-MARTINEZ-CANEDO.pdf>

¹⁰⁸ Ibid., p. 24. Disponible en internet: <http://uaim.edu.mx/cgip/PDF/TESIS-JESUS-MARTINEZ-CANEDO.pdf>

Figura 32. Gráfica de los Contenidos de Carbono y Nitrógeno de los Sustrato % (m/m)

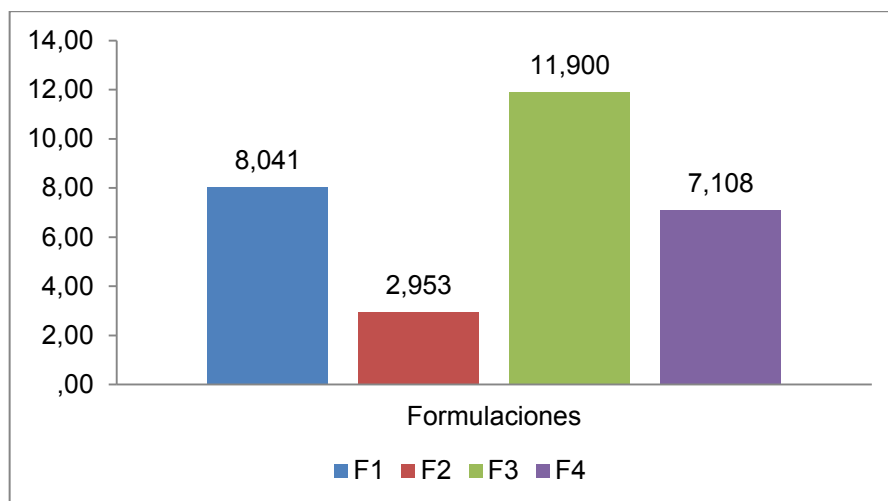


6.1.2. Realización y Evaluación de las etapas de cultivo de *Pleurotus ostreatus* en diferentes desechos agrícolas. Acorde al segundo objetivo, se realizó la investigación bibliográfica y se realizaron las etapas del cultivo descrita en la literatura a fin (ver Metodología), los análisis y observaciones de todo el proceso serán descritos como recomendaciones o conclusiones más adelante.

6.1.3. Análisis de la Eficiencia Biológica y la Tasa de Productividad del *Pleurotus ostreatus* para la identificación de la formulación óptima. Como se estipulo en el tercer objetivo, se realizaron los análisis tanto descriptivos como estadísticos sobre la Eficiencia Biológica y la Tasa de Productividad obtenidos a partir del cultivo de esta especie, en consecuencia con esta metodología se obtuvo lo siguiente:

En la tabla 7, puede observarse que con un nivel de significancia del 0.05, para ambas variables se rechaza la hipótesis nula, debido a que la F calculada = 24,56 es mayor que la $F_{(3,29,0,05)}$ tabulada = 2,93, lo cual significa que existen diferencias significativas entre las 4 formulaciones propuestas sobre la eficiencia y la tasa de productividad.

Figura 33. Gráfica de Porcentaje de Eficiencia Biológicas en las Formulaciones



Esto se evidencia en la figura 33, donde muestra que las cuatro formulaciones obtuvieron diferentes porcentajes de Eficiencia Biológica, se observa que la de mejor rendimiento respecto a este parámetro, en la única cosecha realizada, fue la formulación 3, la cual también fue la más precoz en colonización del micelio en las bolsas, esta corresponde a los sustratos (Estopa de Coco+ Palma Viajero + *Bambú spp*), con una Eficiencia Biológica de 11,9%, seguida por la formulación 1, constituida por (Estopa de Coco + palma viajero + *Livistona*), su Eficiencia Biológica fue del 8%, esto a pesar de que en la etapa de incubación tuvo la peor colonización y corrida de micelio de las 4 formulaciones estudiadas, le sigue la Formulación 4, con una eficiencia Biológica de 7,1%, esta estaba conformada por (Palma Viajero+ Palma *Livistona* + *Bambú spp*), esta fue la formulación que obtuvo mayor colonización micelial después de la formulación 1, por último la Formulación 2, con una Eficiencia Biológica de 3%, fue la menos destacada, su conformación fue la siguiente: (Estopa de Coco + Palma Viajero + Palma *Livistona*).

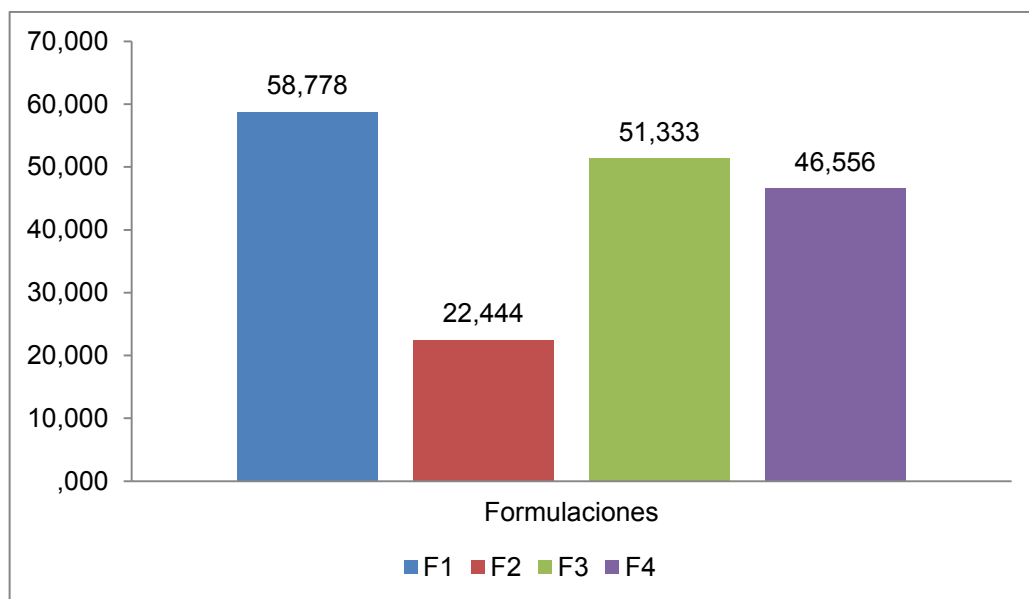
A pesar de obtener resultados positivos en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos de poda de la Universidad Autónoma de Occidente y un residuo agroindustrial del Valle del Cauca, la calidad productiva de un sustrato se percibe como aceptable a partir de eficiencias biológicas del 50% para este género¹⁰⁹, por lo cual es necesario hacer más investigaciones con este tipo de residuos para buscar producciones de nivel comercial.

Al observar los pesos promedios de los cuerpos fructíferos de cada una de las formulaciones (Ver Figura 37), se evidencia que la de mayor peso promedio de los cuerpos fructíferos es la formulación 1, con un peso promedio de 58,77 g, seguida

¹⁰⁹GARZÓN, Juan y CUERVO, Jairo. Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. En: NOVA: Ciencias Biomédicas. Julio- Diciembre, 2008, Vol.6, p. 101-263.

por la formulación 3, con un peso de 51,33 g, las formulaciones 4 y 2 son las ultimas con pesos promedio de 46,55 y 22,44 respectivamente, se pudo observar que a pesar de que la Eficiencia Biológica se mide con el peso fresco de los hongos, la formulación 3 supera a la 1, esto se presentó porque en 2 repeticiones de la formulación 3 no se obtuvieron datos debido a infección, por lo tanto se afectaron el cálculo de promedios de dicha formulación.

Figura 34. Gráfica de los Pesos promedio de los Frutos de cada Formulación

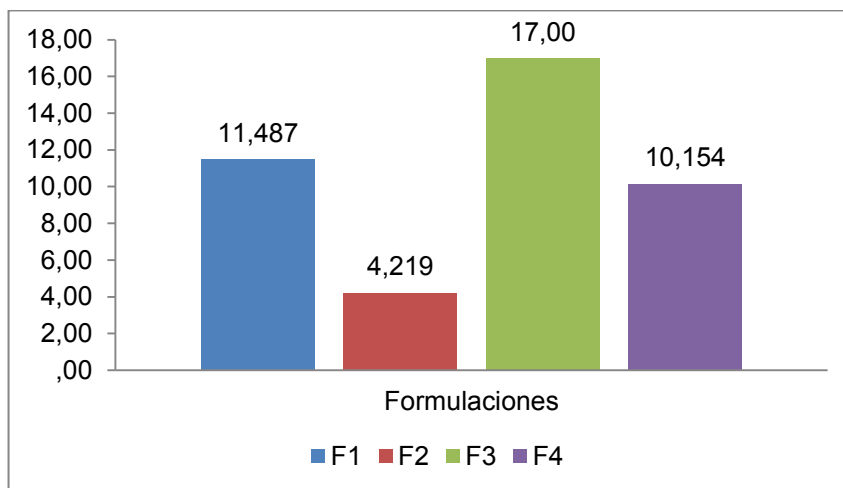


En la otra variable estudiada, la Tasa de Productividad (Figura 35), se observa que la de mejor resultado sigue siendo la F3, con un 17%, esto quiere decir que no solo esta formulación generó más peso fresco de hongo, sino que fue el más precoz de todos, cerca de 48 días, seguida por la formulación 1, con una tasa de 11,5% aproximadamente, esto con una precocidad de 53 días, la tercera formulación con mejor tasa de productividad fue la F4, esta obtuvo una tasa de 10,2% con una precocidad de 55 días, y por último la formulación 2 fue la de menor rendimiento en productividad y la de peor tasa de Productividad con un 4,2%. Esto evidencia que es necesario seguir investigando estos sustratos como materia prima para el cultivo y beneficio del *Pleurotus*, ya que las precocidades encontradas a nivel comercial son mucho menores y las eficiencias biológicas son mucho mayores también, por ejemplo CURVETTO *et al*¹¹⁰ encontraron que el número de días para la aparición de primordios de cinco diferentes cepas de *P. ostreatus* cultivado sobre testas de semilla de girasol y suplementadas con amonio y manganeso bajo condiciones

¹¹⁰Curvetto NR, Figlas D, Devalis R, Delmastro S. Growth and productivity of different *Pleurotus ostreatus* strains on sunflower seed hulls supplemented with N-NH₄⁺ and/or Mn(II). BioresourTechnol. En: GARZÓN, Juan y CUERVO, Jairo. Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. En: NOVA: Ciencias Biomédicas. Julio- Diciembre, 2008, Vol.6, p. 136.

controladas con temperatura de 21° C, humedad relativa entre 80% y 90% y 12 horas de luz (1500 a 2000 lux), estuvo entre 24 y 28 días para la primer cosecha.

Figura 35. Gráfica sobre Tasa de Productividad asociado a las formulaciones



Otro aspecto importante es que el valor de la suma de cuadrados de los tratamientos es mucho más grande que la suma de cuadrados de los errores esto significa que se realizó un buen control del experimento. (Tabla 9), este mismo resultado se evidencia con el $R^2 = 71,75\%$ el cual es el porcentaje de variabilidad explicada por las formulaciones para ambas variables.

Tabla 9. Análisis de Varianza para a) eficiencia biológica y b) tasa de productividad.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	Valor P
Formulación	3	302.04	100,68	24.56	0.000
Error	29	118.89	4.10		
Total	32	420.93			

$S = 2,02479$ $R^2 = 71,75 \%$
a) Eficiencia biológica

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	Valor p
Formulación	3	616.41	205.47	24.56	0.000
Error	29	242.64	8.37		
Total	32	859.05			

$S = 2,89256$ $R^2 = 71,75 \%$
b) Tasa de productividad.

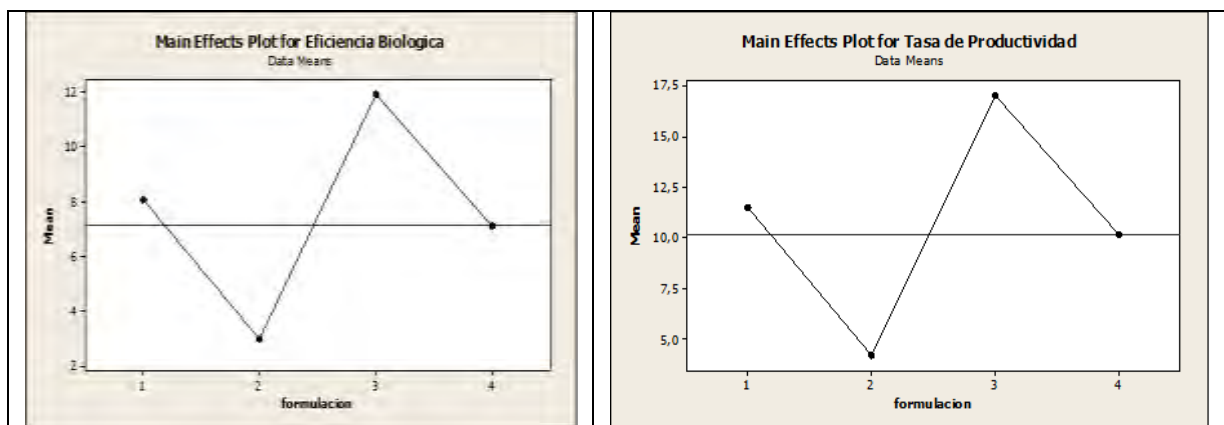
Debido a que se hallaron diferencias significativas entre los tratamientos fue necesario definir entre cuales los hay, para esto se realizó una prueba post-anova de Tukey, (tabla 10) para cada una de las variables.

Tabla 10. Pruebas post anova de Tukey

Formulación	N	Eficiencia biológica		Tasa de productividad	
		Media	Grupos	Media	Grupos
3	6	11,9	A	17,0	A
1	9	8,0	B	11,5	B
4	9	7,1	B	10,2	B
2	9	3,0	C	4,2	C

En la Tabla 10 se observa que a un nivel de significancia del 5%, la formulación 1 y 4 son estadísticamente iguales su efecto sobre la eficiencia biológica y tasa de productividad. Por otro lado la formulación 3 presenta la mayor eficiencia biológica y mejor tasa de productividad. Resultado que se muestra también gráficamente en la figura 9, a y b.

Figura 36. Efectos principales de la eficiencia biológica y tasa de productividad



Para conocer la probabilidad de haber rechazado acertadamente en el análisis de varianza (anova), se postuló la potencia de la prueba (probabilidad de rechazar acertadamente) para cada una de las variables.

▪ Potencia de la Prueba

El parámetro de no centralidad está dado por:

$$\phi = \sqrt{\frac{2(SCT/2\sigma^2)}{t}} = \sqrt{\frac{2*(302.04/2*4.1)}{4}} = 17.6 \quad \phi = \sqrt{\frac{2(SCT/2\sigma^2)}{t}} = \sqrt{\frac{2*(616.41/2*8.37)}{4}} = 35.9$$

Eficiencia biológica Tasa de productividad

Utilizando la tabla de la F-no centrada $F(3,29,0.05)$, esta es la probabilidad del error tipo II, $P(II) = 0.01$, con un nivel de significancia de 0.05, para ambas variables.

La potencia de la prueba es: $\beta = 1 - P(II) = 1 - 0.01 = 0.99$

Por lo tanto la probabilidad de rechazar correctamente la hipótesis nula es del 99%, esto es que hay una alta probabilidad de que si existe diferencias significativas entre los tratamientos.

7. CONCLUSIONES

- Se observa que la formulación 3 compuesta por, estopa de coco 320 g, palma del viajero 450 g y Bambú 230 g fue la que presentó los mayores resultados en cuanto a la tasa de productividad y eficiencia biológica, por lo que se puede decir que esta fue la formulación óptima para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* usando los sustratos y formulaciones propuestas.
- Los sustratos escogidos para la elaboración del proyecto, son propicios de ser usados en el cultivo y beneficio del *Pleurotus ostreatus*, por los altos contenidos de Carbono y Nitrógeno que presentaron, ya que estos son fundamentales en para el crecimiento y desarrollo del hongo en varias fases de crecimiento.
- El escoger residuos orgánicos lignocelulósicos agroindustriales o de Poda, como sustrato y fuente de nutrientes en el cultivo de Hongos comestibles y medicinales, debe de ser evaluado con anterioridad dada la complejidad en su manejo, recolección y transformación, si se piensa tener resultados competitivos comercialmente.
- Se concluyó que en todas las etapas del cultivo de *Pleurotus ostreatus*, se debe tener un protocolo de limpieza y aseo riguroso, con el propósito de evitar contaminación y contratiempos en los cronogramas de actividades.
- El exceso de humedad y las bajas temperaturas pueden afectar la calidad morfológica del fruto del hongo en etapas maduras, dado que pierden textura y muestran cambios drásticos en la coloración.
- Ninguna de las 4 formulaciones realizadas se recomiendan para el cultivo con fines comerciales del *Pleurotus ostreatus*, ya que su precocidad es muy baja y Eficiencia Biológica es mucho menor que algunas de las formulaciones estipuladas en otros trabajos investigativos.

8. RECOMENDACIONES

- Siempre tener conocimiento de los contenidos de Carbono y Nitrógeno de los sustratos a usar, para obtener la relación C/N que nos garantizara un óptimo crecimiento del hongo.
- El factor más fundamental en el cultivo de hongos es tener una asepsia optima, se recomienda hacer limpieza con, trapos limpios, alcohol al 96%, trapear con hipoclorito de sodio al 5%, esterilizar los utensilios antes de hacer uso de ellos, no hablar durante los experimentos, no usar pulseras, anillos o relojes que puedan llevar patógenos, hacerle limpieza a los zapatos antes de ingresar al espacio de trabajo, y especialmente, tener todas las herramientas de trabajo a la mano para evitar búsquedas o contratiempos innecesarios.
- Realizar el corte y la transformación de los sustratos por medios mecánicos (Trituradoras mecánicas), ya que por medios manuales se exponen a sufrir heridas, toma más tiempo y los tamaños de los sustratos no quedan uniformes o adecuados para que el hongo los pueda degradar eficazmente.
- Realizar pruebas pilotos antes de iniciar investigaciones con sustratos nunca usados en cultivos y beneficios de hongos comestibles, para que se pueda cumplir con cronogramas o actividades esperadas.
- Se recomienda hacer revisiones periódicas a las cajas de petri, bolsas de sorgo y bolsas con sustrato inoculadas, para la temprana detección y aislamiento en caso de presencia de hongos antagonista o patógenos indeseados.
- Se recomienda hacer uso de SARAN o polisombra de más de 80%, ya que los insectos que afectan el cultivo pueden penetrar otros tipos de barreras, por sus tamaños y afectar negativamente el cultivo

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO MUÑOS, María C y JIMÉNEZ LOAIZA, Martha I. Evaluación de diferentes sustratos agroindustriales como sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. Santiago de Cali, 2006 .p. 34. Trabajo de Grado para optar al título Administrador del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ciencias Básicas. Ambiente en Colombia. Bogotá: el IDEAM. 2ª edición. 2001.

ARDON, Carlos. Evaluación del pericarpio de jacaranda (*Jacaranda mimosaeifolia*) y pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) para el cultivo artesanal del hongo ostra *Pleurotus ostreatus*. [En línea]. Tesis presentada como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Investigaciones Agronómicas. 2004. p. 12. Disponible en internet: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2138.pdf

BUSWEL, J; CAI, J y CHANG S. Fungal- and Substrate-Associated Factors Affecting the Ability of Individual Mushroom Species to Utilize Different Lignocellulosic Growth Substrates. Mushroom Biology and Mushroom Products. En: The Chinese University Press. Hong Kong. 1993. P 141-150.

CARRILLO, Leonor. Los hongos de los alimentos y forrajes. s.l.: Universidad Nacional de Salta, 2003. ISBN 987-9381-19-X

CANSECO, Eduviges. Estudio de la diversidad de Macromicetos silvestres en el municipio de San Gabriel Mixtepec, Oaxaca [En línea]. Tesis para optar al título de Licenciado en Biología. Oaxaca: Universidad del Mar, 2011. p.73. Disponible en internet: http://www.umar.mx/tesis_PE/Tesis_Digitales/Canseco%20Zorrilla%20Eduviges/Estudio%20de%20la%20diversidad%20de%20macromicetos%20silvestres%20en%20el%20Municipio%20de%20San%20Gabriel%20Mixtepec.%20Eduviges%20Canseco%20zorilla.pdf

Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico - CRA- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; ING. Geovanis Arrieta Bernate. Análisis de la producción de residuos sólidos de pequeños y grandes productores, determinación de factores de producción de residuos sólidos de los usuarios residenciales, revisión de la regulación vigente y cálculo de costos asociados a la realización de aforo de residuos sólidos en Colombia [En línea]. Enero del 2008. Citado el 07/03/2013. Disponible en línea: http://www.cra.gov.co/apc-aa-files/36666164373034386433323930303464/dimension_categorizacion_1.pdf

Consejo Municipal de Santiago de Cali. Plan de Desarrollo Estratégico Corregimiento de Pance Período 2004-2008.[En línea]. Santiago de Cali. Departamento Municipal de Planeación, 2003.[Citado Abril 2013]. Disponible en internet:

<http://www.cali.gov.co/publico2/documentos/planeacion/planterritorial/pance.pdf>

Construcción de criterios técnicos para el aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos con alta tasa de biodegradación, plásticos, vidrio, papel y cartón: Manual 3 orgánicos, papel y cartón [En línea] Bogotá D.C.: Ministerio del Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2008[consultado en septiembre de 2012]. Disponible en Internet:

http://www.minambiente.gov.co/documentos/4077_170909_criterios_tec_residuos_org.pdf

CONTRERAS, Rafael *et al.* Caracterización de las áreas de conservación y protección ambiental en la comuna 22 B.P. 42323. [En línea]. DAGMA – Universidad ICESI, 2010.[Citado Abril del 2013]. Disponible en internet:

http://claudia1.bligoo.com.co/media/users/15/753949/files/122261/INFORME_FINAL_CARACTERIZACION_AREAS_DE_PROTECCION_N.pdf

CUESTA CUESTA, José. Hongos y Setas silvestres en la comunidad de Madrid. En: FORESTA: Asociación y Colegio oficial de Ingenieros Técnicos Forestales, 2011. n° 52, p. 420.

Departamento de Comunicaciones de la Conferencia Episcopal de Colombia. UBICACIÓN: Valle del Cauca. [En línea]. ARQUIDIÓCESIS DE CALI, s.f. [Citado Abril del 2013]. Disponible en línea:

http://www.arquidiocesiscali.org/nuestra_region.shtml?apc=i---;---;---&s=m

Descripción Morfológica del *Pleurotus ostreatus*. Recursos complementarios del bosque: Setas y Hongos [En línea]. Cataluña. RedFor (Red Forestal de Desarrollo Rural) [Consultado mayo 2013]. Disponible en Internet:

<http://selvicultor.net/redfor/wp-content/uploads/Recursos-complementarios-del-monte-Setas-y-hongos.pdf>

DULCE S. El cultivo de hongos comestibles en México. 1er encuentro nacional de investigadores en aprovechamiento de desechos agroindustriales, 2003

DUQUE, Ramón. DIAGNOSTICO DEL IMPACTO DE LAS ESCORRENTÍAS NATURALES Y ARTIFICIALES EN LA COMUNA 22 DE SANTIAGO DE SANTIAGO DE CALI [En línea]. Santiago de Cali: DAGMA, 2010 [Consultado Enero del 2013]. p. 14 Disponible en Internet:

http://claudia1.bligoo.com.co/media/users/15/753949/files/122261/INFORME_FINAL_ESCORRENTIAS.pdf

Federación Nacional de Cerealistas de Colombia (FENALCE).El cultivo del sorgo, historia e importancia [En línea]. Junio del 2010. [Citado abril del 2013]. Disponible en internet: http://www.fenalce.org/arch_public/sorgo93.pdf

FLIGAS, Devóra y CURVETTO, Néstor. MONOGRAFÍA SOBRE LAS PROPIEDADES MEDICINALES DEL HONGO REISHI (*Ganoderma lucidum*) [En línea]. Buenos Aires: Universidad Nacional del Sur, p. 3. Disponible en Internet: <http://www.hongoscomestibles-latinoamerica.com/P/2%20ganoderma-s.pdf>

FRACCHIÁ, Sebastián; ARANDA, Adriana y TERRIZANO, Esteban. Cultivo de una cepa comercial de *Pleurotus ostreatus* en desechos de *Simmondsia chinensis* y *Jatropha macrocarpa*. En: Revista Mexicana de Micología. Junio, 2009, Vol. 29. p. 37-42

GAITAN-HERNÁNDEZ, Rigoberto, et al. Manual práctico del cultivo de setas: Aislamiento, cepas y producción. [En línea]. Xalapa: s.n. 2002. 56 p. [Consultado el 15/10/2012] .Disponible en línea: [\[http://fagsol.com/descargas/hongos/documentos/manual_setas...ok.pdf\]](http://fagsol.com/descargas/hongos/documentos/manual_setas...ok.pdf)

GARZÓN, Juan y CUERVO, Jairo. Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. En: NOVA: Ciencias Biomédicas. Julio- Diciembre, 2008, Vol.6, p. 101-263.

GAYOSSO, Martha. Caracterización de los compuestos de un extracto de primordios de *Pleurotus ostreatus* que induce su fructificación. Presentado como Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencias Área Biotecnología. Tecomán: Universidad de Colima, Julio 2001. p. 13

GUARÍN, Joel y RAMÍREZ, Andrés. Estudio de factibilidad técnico-financiero de un cultivo de hongo *Pleurotus ostreatus*. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial. Santafé de Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. Departamento de Industrial. 2004. p. 7.

GUZMAN *et al.* EL CULTIVO DE LOS HONGOS COMESTIBLES: Con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquirlas y residuos agroindustriales. Xalapa: Instituto Politécnico Nacional, 1993. p. 6

GUZMÁN G. Hongos. México: Limusa, 1978. p.3

GUZMÁN G. Los nombres de los hongos y lo relacionado con ellos en América Latina. p. 10

HERNÁNDEZ C, Ricardo y LÓPEZ R, Claudia. Evaluación del crecimiento y producción del *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del Departamento de Cundinamarca. Presentado como requisito parcial para optar por el título de MICROBIÓLOGO INDUSTRIAL. Santafé de Bogotá: Universidad Pontificia Javeriana, s.f. p. 110

HERNÁNDEZ E, Humberto *et al.* ATLAS del potencial energético de la biomasa residual en Colombia [En línea]. Bogotá D.F. Ministerio de Minas y Energía. 2008. p. 109. Disponible en internet: http://vie.uis.edu.co/ATLAS/Generalidades_ATLAS.pdf

HERRERA T. El reino de los hongos Micología básica y aplicada. Universidad Nacional Autónoma de México, 1990. 552 p.

IDEAM (Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales). El medio Ambiente en Colombia. Bogotá: IDEAM. 2ª edición. 2001.

JARAMILLO H, Gladys y ZAPATA M, Liliana. Aprovechamiento de los residuos sólidos en Colombia. Monografía para optar el título de Especialistas en Gestión Ambiental. Medellín: Universidad de Antioquia, 2008. 23 p.

JARAMILLO, Carmenza y RODRÍGUEZ, Nelson. Cultivo de hongos medicinales en residuos agrícolas de la zona cafetera. Boletín técnico número 28. Chinchina: CENICAFÉ. 2005. p.14

KIMBALL John. Biología. 1983. Editado por Addison-Wesley. ISBN0201102455 p. 673

KONG, Won-Sik. Descriptions of Commercially Important *Pleurotus* Species. [En línea]. Mushworld. 2004. p. 55 [Consultado el 23 de Marzo del 2013]. Disponible en internet: <http://www.alohamedicinals.com/book1/chapter-4.pdf>

LÓPEZ A, Hernán. Proyecto setas de Colombia del SENA: Ética y transformación del entorno [En línea]. Bogotá D.C, Agosto del 2008 [Consultado el 9 de junio del 2013]. Disponible en internet: <http://setasdecolombiasena.blogspot.com/>

MALDONADO ASTUDILLO, Yanik. Obtención de cepas híbridas de *Pluotus spp.* por apareamiento de neohaplontes compatibles. [En línea]. Tesis para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Bioprocesos. México D.F.: Instituto Politécnico Nacional. 2007. 4-5 p. [Consultado Marzo 2013]. Disponible en internet: http://www.biotechnologia.upibi.ipn.mx/recursos/posgrado/tesis/mc_ymaldonado.pdf

MAHECHA *et al*, 2004. En: Red Nacional de Jardines Botánicos. *Ravenala madagascariensis* Sonn [En línea]. 2008. Citado el 27 de Octubre del 2012. Disponible en internet: <http://www.siac.net.co/sib/catalogoespecies/especie.do?idBuscar=1434&method=displayAAT>

MARTÍNEZ, David y VILLANUEVA, Fabián y URREA M, Ferlein. Informe final de investigación: Creación de empresa "REISHI S.A.S". Informe final para optar por la especialización en administración financiera. Bogotá: Universidad EAN, 2012. p. 3

MEGAOBRA.XTK. La Cartografía: Entre ciencia, arte y manipulación. [En línea]. Redes Sociales para el Progreso. 2006 [Citado abril del 2013]. Disponible en línea: <http://megaobrax.host22.com/mapcali.htm>

MEJIA M, Gonzalo A y GÓMEZ L, John S. Los desechos generados por la industria bananera en Colombia. CENIBANANO. [En línea]. Consultado el 20 de Octubre del 2012. Disponible en internet. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/xxix.pdf>

MERA J, Stephanie. Análisis de manejo y percepción del impacto de la hormiga arriera (*Attacephalotes*) sobre los habitantes del corregimiento de Pance, Valle del Cauca, Colombia. Trabajo de grado para optar al título de Administración del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ciencias Básicas, 2011. p.28

MERCEDES, José. Guía técnica: Cultivo de Bambú. CEDAF. Santo Domingo, 2006. p.38. Disponible en línea: <http://www.cedaf.org.do/CENTRODOC/EBOOK/BAMBU.PDF>

MOLINA J.C. et al. Hongos comestibles: experiencia en el aula. Universidad Autónoma de Occidente, GEADES, 2006

MOLINA J.C. Producción de hongos comestibles, compost, vermicompost a partir de sustratos agroindustriales. 1er encuentro nacional de investigadores en aprovechamiento de desechos agroindustriales, 2003

MONOGRAFÍA SOBRE LAS PROPIEDADES MEDICINALES DEL HONGO REISHI (*Ganoderma lucidum*). Op Cit. p. 3. Disponible en Internet: <http://www.hongoscomestibles-latinoamerica.com/P/2%20ganoderma-s.pdf>

Normatividad Ambiental y Sanitaria. Normatividad General. Derecho a un ambiente sano [citado el 10/10/2012]. en línea: [\[http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/normativ/normativ.htm#BM1_NORMATIVIDAD_GENERAL\]](http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/normativ/normativ.htm#BM1_NORMATIVIDAD_GENERAL)

OCHOA, Fernando. Anuario de la industria naturista: Colombia, un futuro prometedor en Biocomercio [Citado el 07/03/2013].p. 58. Disponible en línea: <http://www.asonatura.com/files/COLOMBIA%20Y%20EL%20BIOCOMERCIO.pdf>

PÉREZ, Miguel A y MARTÍNEZ, María R. Manejo alternativo de los residuos de jardinería. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas. [En línea]. s.f. Citado el 07/03/2013. Disponible en línea: http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/kuxulkab/ediciones/26/01_Manejo%20alternativo%20de%20los%20residuos%20de%20jardineria.pdf

PERFIL DEL PRODUCTO. Setas y Hongos [En línea]. CCI Corporación Colombia Internacional. s.f. [Citado Marzo 2013]. p.1. ISSN 0124-1338

POT (Plan de Ordenamiento Territorial): Cali, 2000. Documento Resumen. Departamento Administrativo de Planeación Nacional, Municipio de Santiago de Cali. Ricardo h. Cobo, Alcalde de Santiago de Cali. Francisco j. Hernández Bohmer, Director Departamento Administrativo de Planeación Municipal. Fabiola Aguirre Perea, Coordinadora Técnica POT.

PROGRAMA “Cali como Vamos”. Crónicas de Ciudad: Emsirva y la gestión de residuos sólidos en el 2009. CÁMARA DE COMERCIO DE CALI. Santiago de Cali. Diciembre del 2009

QUINTANA J, Cesar A. Sector Cocotero en Colombia. [En línea]. Proyectos de Cooperación Internacional, 2012 [Citado el 20 de Octubre del 2012]. Disponible en internet:

http://www.agro20.com/group/proyectosdecooperacininternacional/forum/topics/situacion-del-coco-en-colombia?xg_source=activity

QUINTERO, Sandra y GONZÁLEZ, Luis. Uso de fibra de Estopa de Coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. En: Ingeniería y Desarrollo. Universidad del Norte. Julio-Diciembre del 2006. Numero 20, p. 134-150.

QUINTANILLA, Martha. Industrialización de la fibra de estopa de coco. Pasantía para optar Ingeniera Industrial. San Salvador: Universidad del Salvador, 2010. 432. p.

Ravenala madagascariensis. Wikipedia: La enciclopedia libre. [En línea]. Citado el 27 de Octubre del 2012. Disponible en internet: [\[http://es.wikipedia.org/wiki/Ravenala_madagascariensis\]](http://es.wikipedia.org/wiki/Ravenala_madagascariensis)

RESTREPO CALLE, Sebastián. Conservación de la guacamaya Cariseca (*Ara severa castaneifrons*) en el Valle del Cauca. Santiago de Cali, 2004. P. 38. Trabajo de grado para optar al título de Administrador del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ciencias Básicas. RODRÍGUEZ, Gustavo. Cultivo de hongos comestibles. En: Fruticulturas y Diversificación. 2007, Vol. 4, no 53, p. 3

RODRÍGUEZ, Ramón. Caracterización de cepas del hongo comestible *Pleurotus spp.* en medio de cultivo y su evaluación en sustratos lignocelulósicos forrajeros para la producción de carpóforos. [En línea]. Requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias Agrícolas. Nuevo León: Universidad de Nuevo León. 1996. p.14. Disponible en internet: <http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080071715.PDF>

ROMERO, Aida; RODRÍGUEZ, Alina y PÉREZ, María. *Pleurotus ostreatus*: Importancia y tecnología del cultivo. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”. p. 3

ROMERO, Nalda. Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición [En línea]. Food an Agriculture Organizations of the United Nations: Deposito de documentos de la FAO, s.f. [Citado Marzo 2013]. Disponible en internet: <http://www.fao.org/docrep/010/ah833s/Ah833s17.htm>

SÁNCHEZ J, ROYSE D. La biología y el cultivo de *Pleurotus ostreatus* spp. México: Limusa S.A, 2001. p. 29

SHAH, Z; ASHRAF, F Y ISHTIAQ, M. Comparative Study on Cultivation and Yield Performance of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on Different Substrates (Wheat Straw, Leaves, Saw Dust). En: Pakistan Journal of Nutrition: Asian Network for Scientific Information. 2004, Vol. 3, entrega 3. p. 158-160

STEINECK H. Cultivo comercial del champiñón, 2da edición. Zaragoza, España. ACRIBIA, S.A, 1987. p 2

VALLADARES, Cesar. Taxonomía y Botánica de los cultivos de grano [En línea]. Universidad Autónoma de Honduras, 2010. [Citado Abril del 2013]. Disponible en línea: <http://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/unidad-ii-taxonomia-botanica-y-fisiologia-de-los-cultivos-de-grano-agosto-2010.pdf>

ZAMBRANO, Diana. Minimización y Prevención como estrategias para el control de la contaminación por aguas residuales municipales en la zona de expansión de Cali. Trabajo de investigación para optar al título de Magister en Ingeniería: área de énfasis en Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Santiago de Cali: Universidad del Valle, 2010. 14 p.

ANEXOS

Anexo A. Resultados de los análisis de laboratorio de UNIVALLE

Universidad del Valle Departamento de Química LABORATORIO DE ANÁLISIS INDUSTRIALES			
CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO			
Número de registro: 03613-A		Fecha de emisión: 25 de febrero de 2013	
Empresa: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE		Solicitado por: Sr. Carlos Alberto Sánchez Vélez Estudiante Administración del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales	
Dirección:		Teléfono: 301 4286227	Fax:
Nombre de la muestra: Palma Livistonia (Livistonia chinensis)			
DETERMINACION	RESULTADO	MÉTODO	
Nitrógeno Total como N, en % (m/m)	0,63 CV = 0,14 n = 2	NTC 370	
Carbono Orgánico Total, en % (m/m)	32,99 CV = 2,56 n = 2	NTC 5167	
NOTA: Los anteriores resultados están reportados en base húmeda (base real) NTC Significa Norma Técnica Colombiana del ICONTEC (CV, en %) = Coeficiente de Variación n= número de datos			
Los anteriores análisis fueron elaborados por la Química Yaneth Guevara Cano Para cualquier información adicional sírvase citar el No. 03613-A correspondiente a su muestra.			
Resultados válidos únicamente para la(s) muestra(s) analizada(s) y no para otro(s) material(es) de la misma procedencia. La(s) muestra(s) analizada(s) se guardará(n) por el tiempo de los meses a partir de la emisión de este informe, transcurrido este tiempo se desechará(n) o se devolverá(n) al cliente si éste lo solicita.			
El presente documento no posee validez alguna sin el sello del laboratorio y las firmas respectivas. Se prohíbe su reproducción total o parcial, excepto con aprobación de la Universidad del Valle.			
 JAIME RESTREPO USORIO, Ph.D. PQ-757 Director Técnico		 YANETH GUEVARA CANO Química	



Universidad del Valle

Departamento de Química

LABORATORIO DE ANÁLISIS INDUSTRIALES



Contrato N° 02 1901
Contrato N° 02 1902
Contrato N° 02 1903



iconfec

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Número de registro: 03613-B	Fecha de emisión: 25 de febrero de 2013
Empresa: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE	Solicitado por: Sr. Carlos Alberto Sánchez Vélez Estudiante Administración del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales
Dirección:	Teléfono: 301 4286227 Fax:
Nombre de la muestra: Estopa de Coco (Cocos nucifera)	

DETERMINACION	RESULTADO	MÉTODO
Nitrógeno Total como N, en % (m/m)	0.23 CV = 3.60 n = 2	NTC 370
Carbono Orgánico Total, en % (m/m)	35.61 CV = 3.53 n = 2	NTC 5167

NOTA: Los anteriores resultados están reportados en base húmeda (base real)

NTC Significa Norma Técnica Colombiana del ICONFEC

(CV, en %) = Coeficiente de Variación n= número de datos

Los anteriores análisis fueron elaborados por la Química Yaneth Guevara Cano Para cualquier información adicional sírvase citar el No 03613-B correspondiente a su muestra.

Resultados válidos únicamente para la(s) muestra(s) analizada(s) y no para otros material(es) de la misma procedencia. La(s) muestra(s) analizada(s) se guardará(n) por el tiempo de 45 días a partir de la emisión de este informe, transcurrido este tiempo se desechará(n) o se devolverá(n) al cliente si éste lo solicita.

El presente documento no posee validez alguna sin el sello del laboratorio y las firmas respectivas. Se prohíbe su reproducción total o parcial, excepto con aprobación de la Universidad del Valle.

[Firma]

DOCUMENTO ORIGINAL

[Firma]
YANETH GUEVARA CANO



Universidad del Valle

Departamento de Química

LABORATORIO DE ANÁLISIS INDUSTRIALES



Certificado NTC 1207-1
Certificado NTC 1207-1
Certificado NTC 1207-1



icontec
INTERPRETACIÓN

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Número de registro: 03613-C	Fecha de emisión: 25 de febrero de 2013
Empresa: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE	Solicitado por: Sr. Carlos Alberto Sánchez Vélez Estudiante Administración del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales
Dirección:	Teléfono: 301 4286227 Fax:
Nombre de la muestra: Palma del Viajero (Roystonea regia)	

DETERMINACION	RESULTADO	MÉTODO
Nitrógeno Total como N, en % (m/m)	0,46 CV=3,29 n=2	NTC 370
Carbono Orgánico Total, en % (m/m)	35,39 CV=1,92 n=2	NTC 5167

NOTA: Los anteriores resultados están reportados en base húmeda (base real)

NTC Significa Norma Técnica Colombiana del ICONTEC

(CV, en %) = Coeficiente de Variación n= número de datos

Los anteriores análisis fueron elaborados por la Química Yaneth Guevara Cano Para cualquier información adicional sírvase citar el No 03613-C correspondiente a su muestra.

Resultados válidos únicamente para la(s) muestra(s) analizada(s) y no para otro(s) material(es) de la misma procedencia. La(s) muestra(s) analizada(s) se guardará(n) por el tiempo de 3 meses a partir de la emisión de este informe, transcurrido este tiempo se desechará(n) o se devolverá(n) al cliente si éste lo solicita.

El presente documento no posee validez alguna sin el sello del laboratorio y las firmas respectivas. Se prohíbe su reproducción total o parcial, excepto con aprobación de la Universidad del Valle.

[Firma]

DOCUMENTO ORIGINAL

[Firma]
YANETH GUEVARA CANO



Universidad del Valle

Departamento de Química

LABORATORIO DE ANÁLISIS INDUSTRIALES



Certificado N° 02 1167-0
Certificado N° 02 1167-0
Certificado N° 02 1167-0



Icontec
Internacional

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Número de registro: 03613-D	Fecha de emisión: 25 de febrero de 2013
Empresa: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE	Solicitado por: Sr. Carlos Alberto Sánchez Vélez Estudiante Administración del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales
Dirección:	Teléfono: 301 4286227 Fax:
Nombre de la muestra: Hojas de Bambú	

DETERMINACION	RESULTADO	MÉTODO
Nitrógeno Total como N, en % (m/m)	0,59 CV = 0,73 n = 2	NTC 370
Carbono Orgánico Total, en % (m/m)	26,84 CV = 0,15 n = 2	NTC 5167

NOTA: Los anteriores resultados están reportados en base húmeda (base real)

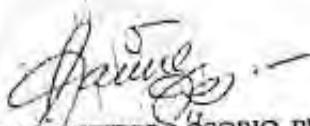
NTC Significa Norma Técnica Colombiana del ICONTEC

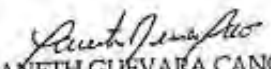
(CV, en %) = Coeficiente de Variación n = número de datos

Los anteriores análisis fueron elaborados por la Química Yaneth Guevara Cano Para cualquier información adicional sírvase citar el No 03613-D correspondiente a su muestra.

Resultados válidos únicamente para la(s) muestra(s) analizada(s) y no para otro(s) material(es) de la misma procedencia. La(s) muestra(s) analizada(s) se guardará(n) por el tiempo de tres meses a partir de la emisión de este informe, transcurrido este tiempo se desechará(n) o se devolverá(n) al cliente si éste lo solicita.

El presente documento no posee validez alguna sin el sello del laboratorio y las firmas respectivas. Se prohíbe su reproducción total o parcial, excepto con aprobación de la Universidad del Valle.


JAIMÉ RESTREPO OSORIO, Ph.D. PQ-757


YANETH GUEVARA CANO
Química

DOCUMENTO ORIGINAL